



T/CHES 28-2019

T/CECS 582-2019

中 国 水 利 学 会 标 准
中 国 工 程 建 设 标 准 化 协 会 标 准

预制混凝土板桩式挡土墙 技 术 规 程

Technical specification for precast
concrete sheet pile retaining wall

中国计划出版社

中 国 水 利 学 会 标 准
中国工程建设标准化协会标准

预制混凝土板桩式挡土墙
技 术 规 程

Technical specification for precast
concrete sheet pile retaining wall

T/CHES 28-2019

T/CECS 582-2019

主编单位：建华建材（中国）有限公司
上海勘测设计研究院有限公司

批准单位：中 国 水 利 学 会
中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 1 9 年 7 月 1 日

中国计划出版社

2019 北 京

中国水利学会标准
中国工程建设标准化协会标准
**预制混凝土板桩式挡土墙
技术规程**

T/CHES 28-2019

T/CECS 582-2019



中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址:北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 3 层

邮政编码:100038 电话:(010)63906433(发行部)

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

850mm×1168mm 1/32 2.75 印张 69 千字

2019 年 7 月第 1 版 2019 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—2580 册



统一书号:155182·0569

定价:33.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话:(010)63906404

如有印装质量问题,请寄本社出版部调换

中 国 水 利 学 会 中国工程建设标准化协会公告

第 1 号

关于发布《预制混凝土板桩式挡土墙 技术规程》的公告

根据中国水利学会和中国工程建设标准化协会团体标准制订计划,由建华建材(中国)有限公司、上海勘测设计研究院有限公司等单位编制的《预制混凝土板桩式挡土墙技术规程》,经中国水利学会和中国工程建设标准化协会组织审查,现批准发布,编号为中国水利学会 T/CHES 28—2019,中国工程建设标准化协会 T/CECS 582—2019,自 2019 年 7 月 1 日起施行。

中 国 水 利 学 会
中国工程建设标准化协会
二〇一九年三月一日

前 言

根据《关于批准〈预制混凝土板桩式挡土墙技术规程〉标准立项的通知》(水学〔2017〕148号)的要求,编制组经广泛调查研究,结合我国实际情况,参考有关国内外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程共分为7章和3个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、材料与制品、设计、施工、质量检验等。

本规程的某些内容可能涉及专利(专利号:ZL201720098355.8、ZL201520047767.X、ZL201220361158.8、ZL200910065112.4),涉及专利的具体技术问题,使用者可与专利持有人(专利持有人:建华建材(中国)有限公司)协商处理。本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国水利学会负责管理,建华建材(中国)有限公司负责具体技术内容的解释。本规程在执行过程中,如有意见或建议,请寄送中国水利学会(地址:北京市西城区白广路二条16号,邮政编码:100053),以便今后修订时参考。

主 编 单 位: 建华建材(中国)有限公司

上海勘测设计研究院有限公司

参 编 单 位: 南京水利科学研究院

河海大学

长江勘测规划设计研究有限责任公司

黄河勘测规划设计研究院有限公司

中水淮河规划设计研究有限公司

中设设计集团股份有限公司

江西省水利规划设计研究院

安徽省水利水电勘测设计院

河北省水利水电第二勘测设计研究院

江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司

江苏省水利工程质量监督中心站

江苏省水利建设工程有限公司

江苏淮阴水利建设有限公司

主要起草人：张 雁 毛由田 季 荣 金忠良 胡少伟

李 军 余 熠 王仙美 李燕俊 卢建华

党雪梅 冯志刚 肖志远 张建华 李 涛

耿运生 于建忠 吉伯海 时爱祥 张永玉

沈旭鸿 张 艳 毛永平 陶永明 余 涛

葛明明 谷金钰 袁 锋 秦云香 吴晓梅

何海燕 李 震 肖 碧 姚慧敏 查松山

江 凌 王枫林 陈永辉 傅 丹 肖 伟

杜 威 张 冬 詹青文

主要审查人：李东彬 程永辉 冷发光 沈 玲 孙慧民

王景贤 苗树英 舒世平

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(2)
3	基本规定	(5)
4	材料与制品	(6)
4.1	一般规定	(6)
4.2	混凝土	(6)
4.3	钢材	(6)
4.4	制品	(7)
5	设 计	(9)
5.1	一般规定	(9)
5.2	选型及布置	(9)
5.3	荷载及组合	(10)
5.4	稳定计算	(12)
5.5	结构内力与变形分析	(12)
5.6	构造要求	(14)
6	施 工	(16)
6.1	一般规定	(16)
6.2	起吊、搬运和堆放	(17)
6.3	静压法施工	(20)
6.4	锤击法施工	(20)
6.5	植桩法施工	(22)
6.6	振动法施工	(23)
6.7	胸墙、帽梁和导梁施工	(24)

6.8	拉杆安装与施工	(24)
6.9	回填土施工	(25)
7	质量检验	(27)
7.1	一般规定	(27)
7.2	进场检验	(27)
7.3	施工质量检验	(29)
附录 A	预制板桩截面参数及力学性能	(31)
附录 B	挡土墙稳定性验算	(48)
附录 C	板桩式挡土墙结构内力计算	(52)
本规程用词说明		(54)
引用标准名录		(55)
附:条文说明		(56)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(2)
3	Basic requirements	(5)
4	Materials and products	(6)
4.1	General requirements	(6)
4.2	Concrete	(6)
4.3	Steel products	(6)
4.4	Products	(7)
5	Design	(9)
5.1	General requirements	(9)
5.2	Selection and arrangement	(9)
5.3	Loads and combinations	(10)
5.4	Stability calculation	(12)
5.5	Analysis of internal force and deformation	(12)
5.6	Detailing requirements	(14)
6	Construction	(16)
6.1	General requirements	(16)
6.2	Lift, transport and stack	(17)
6.3	Jacked driving method	(20)
6.4	Hammer-driving method	(20)
6.5	Method of planting pile	(22)
6.6	Vibration driving method	(23)

6.7	Construction of crown-wall, cap beam and guide beam	(24)
6.8	Installation and construction of pull rod	(24)
6.9	Backfilling construction	(25)
7	Quality inspection	(27)
7.1	General requirements	(27)
7.2	Approach check	(27)
7.3	Construction quality inspection	(29)
Appendix A	Section parameters and mechanical properties of precast sheet pile	(31)
Appendix B	Sheet pile retaining wall structure internal force calculation	(48)
Appendix C	Stability calculation of retaining wall	(52)
	Explanation of wording in this specification	(54)
	List of quoted standards	(55)
	Addition: Explanation of provisions	(56)

1 总 则

1.0.1 为规范预制混凝土板桩式挡土墙在水利工程中合理应用,统一预制混凝土板桩式挡土墙工程技术要求,做到安全适用、经济合理、保证质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于新建、扩建或改建的水利工程中预制混凝土板桩式挡土墙的设计、施工及质量检验。

1.0.3 预制混凝土板桩式挡土墙的设计、施工及质量检验除应执行本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙 precast concrete sheet pile retaining wall

利用预制混凝土板桩挡土,依靠自身锚固力或设置帽梁、拉杆及固定在可靠地基上的锚碇结构维持稳定的挡土构筑物。

2.1.2 预制混凝土板桩 precast concrete sheet pile

采用预制成型,并打(振)入地基内以抵抗水平方向的土压力及水压力的混凝土桩。

2.1.3 锚碇结构 anchor structure

承受拉杆拉力的结构。

2.1.4 帽梁 cap beam

设在前墙或锚碇结构顶部的连系梁。

2.1.5 植桩法 method of planting pile

采用钻机在桩位处钻孔或搅拌、旋喷成桩后,将板桩植入其中的施工方法。

2.2 符 号

2.2.1 作用和作用效应:

E_{ax} ——作用在锚碇墙的主动土压力;

E_{px} ——作用在锚碇墙的被动土压力;

E'_p ——主动和被动土压力作用下对 N 点以上墙体求矩至 N 点合力矩为零时的合力;

G ——锚碇墙前基面以上填料的重力;

R_A ——钢拉杆拉力;

σ_{ce} ——桩身有效预压应力。

2.2.2 材料性能和系数：

f ——沿滑动面的摩擦系数。

K_a ——主动土压力系数；

K_c ——沿滑动面抗滑稳定安全系数；

K_m ——锚碇墙抗滑稳定安全系数；

K_p ——被动土压力系数；

M_{cr} ——板桩桩身抗裂弯矩；

M_u ——板桩极限弯矩标准值；

M ——板桩抗弯承载力设计值；

R_p ——板桩竖向承载力设计值；

V ——板桩抗剪承载力设计值；

γ ——土的天然重度；

$[\sigma]$ ——拉杆钢材的允许应力；

ϕ_1 ——板桩墙墙后土的内摩擦角；

ϕ_2 ——锚碇墙墙前填料的内摩擦角。

2.2.3 几何参数及其他：

B ——板桩截面宽度；

D ——外径

D_1 ——内圆直径；

d ——钢拉杆直径；

H_t ——填土表面至锚碇墙墙底的深度；

H_0 ——板桩墙顶至理论转动点 N 的深度；

L_{min} ——锚碇墙至板桩墙的最小水平距离；

R ——内圆半径；

T ——板桩式挡土墙的使用年限。

t ——墙体入土深度；

t_0 ——墙体入土点至理论转动点的深度；

Δt ——理论转动点以下的墙体深度；

- α ——拉杆与水平面的夹角；
- δ_t ——拉杆直径的年锈蚀量；
- Δ ——无锚碇板桩式挡土墙顶水平变位；
- ϕ_0 ——板桩式挡土墙入土点的转角变位；
- x_0 ——板桩式挡土墙入土点的水平变位。

3 基本规定

3.0.1 预制混凝土板桩式挡土墙级别和设计标准均应符合现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的有关规定。

3.0.2 预制混凝土板桩式挡土墙的平面布置应根据工程场址地形、地质、水流等条件以及所属水工建筑物的总体布置、功能、特点、运用要求等确定，做到紧凑合理、协调美观。

3.0.3 预制混凝土板桩式挡土墙主要适用于土基条件。

3.0.4 预制混凝土板桩式挡土墙的抗渗稳定应符合现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487 的有关规定；整体稳定应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的有关规定；抗倾覆稳定、锚碇墙抗滑稳定等应符合现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 的有关规定。挡土墙结构应采取防止墙后土体从墙体接缝中流失的措施。

3.0.5 预制混凝土板桩式挡土墙的使用年限和耐久性应符合现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654 的有关规定。

3.0.6 预制混凝土板桩式挡土墙宜设置垂直位移、水平位移等安全监测项目，监测点布置及要求应符合现行行业标准《水利水电工程安全监测设计规范》SL 725 的有关规定。

4 材料与制品

4.1 一般规定

4.1.1 预制混凝土板桩宜在工厂制作,并应符合下列规定:

1 采用离心法工艺生产的板桩桩身混凝土强度等级不宜低于 C80;

2 采用浇筑法工艺生产的板桩桩身混凝土强度等级不宜低于 C60。

4.1.2 预制混凝土板桩宜采用常压蒸汽养护,当要求板桩混凝土强度等级不低于 C80 时,宜在常压蒸汽养护后再进行高压蒸汽养护。

4.2 混 凝 土

4.2.1 混凝土强度等级应按边长为 150mm 立方体试件的抗压强度标准值确定。

4.2.2 腐蚀、冻融环境下的板桩,桩身混凝土耐久性检测结果应满足现行行业标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654 的相关规定。

4.3 钢 材

4.3.1 预应力钢筋应采用预应力混凝土用钢棒,其质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3 中对低松弛螺旋槽钢棒的规定。

4.3.2 非预应力钢筋应采用热轧带肋钢筋,其质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 2 部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的有关规定。

4.3.3 预制混凝土板桩的箍筋宜采用低碳钢热轧圆盘条、混凝土制品用冷拔低碳钢丝,其质量应分别符合国家现行标准《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701、《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540 的有关规定。现浇钢筋混凝土结构的箍筋宜采用 HPB300、HRB400 及以上级别的钢筋。

4.3.4 预制混凝土板桩的端板钢材应符合下列规定:

1 材料应采用 Q235B,端板制造不得采用铸造工艺,端板厚度不得有负偏差;

2 端板表面应平整,除设计及构造要求的预留孔洞外,不得开槽和打孔;

3 质量应符合国家现行标准《碳素结构钢》GB/T 700、《先张法预应力混凝土管桩用端板》JC/T 947 和《预应力离心混凝土空心方桩用端板》JC/T 2239 的有关规定;

4 端板最小厚度应符合表 4.3.4 的规定。

表 4.3.4 端板最小厚度(mm)

钢棒直径	7.1	9.0	10.7	12.6	14.0
端板最小厚度	16	18	20	24	28

4.3.5 制作钢拉杆的材料应符合现行国家标准《钢拉杆》GB/T 20934 的有关规定。

4.3.6 锚杆杆体用钢绞线应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定。

4.3.7 钢筋锚杆的杆体宜选用预应力螺纹钢筋、HRB400、HRB500 螺纹钢筋。

4.3.8 其他结构钢质预埋件的质量应符合现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

4.4 制 品

4.4.1 预制混凝土板桩宜按表 4.4.1 的规定选用。

表 4.4.1 预制混凝土板特征及适用条件

桩型		生产工艺	混凝土强度等级	截面形式及尺寸	单节最大桩长(m)	适用土层	沉桩方法	是否可接桩
方形桩	护壁桩	离心法	不低于C80	截面为外方内圆的空心桩,边长400mm~800mm	≤18	黏性土、粉土、砂土、碎石土、强风化岩	锤击法、振动法、静压法、植桩法	可
	方桩	浇筑法	不低于C60	截面为正方形的实心桩,边长300mm~600mm	≤15			
平板形桩	平板桩	浇筑法	不低于C60	截面为矩形的实心桩,宽度为600mm,高度为200mm~300mm	≤11	黏性土、粉土、砂土	锤击法、振动法、植桩法	否
	空心平板桩	离心法	不低于C80	截面为矩形的空心桩,宽度为600mm~1300mm	≤14		锤击法、振动法、植桩法	
	翼边板桩		不低于C80	截面为带翼边的矩形空心桩,宽度为600mm~1300mm	≤14			
异形桩	凹形板桩	离心法	不低于C80	截面为U形的异形桩,宽度为400mm~1000mm	≤18	黏性土、粉土、砂土	锤击法、振动法、植桩法	否
	波浪桩			截面为半圆环形的桩,高度250mm~600mm	≤15			
圆形桩	混合配筋管桩	离心法	不低于C80	截面为圆环形的桩,直径为400mm~800mm	≤23	黏性土、粉土、砂土、碎石土、强风化岩	锤击法、振动法、静压法、植桩法	可

4.4.2 预制混凝土板桩的桩身构造、配筋及力学性能应符合本规程附录 A 的规定。

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙的设计计算应包括下列内容：

- 1 选型及布置；
- 2 荷载及其组合；
- 3 挡土墙的稳定计算；
- 4 结构内力、承载能力及变形分析；
- 5 构造要求。

5.1.2 预制混凝土板桩式挡土墙应进行稳定性计算。

5.1.3 预制混凝土板桩式挡土墙结构设计应采用极限状态设计方法，并应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《水工混凝土结构设计规范》SL 191 的有关规定。

5.1.4 预制混凝土板桩式挡土墙的耐久性设计应满足国家现行标准《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654、《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662 的有关要求。

5.1.5 预制混凝土板桩式挡土墙应进行防渗和排水布置。

5.1.6 挡土墙墙后填料土的抗剪强度指标宜通过试验确定。

5.2 选型及布置

5.2.1 预制混凝土板桩式挡土墙的结构形式选用应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 预制混凝土板桩式挡土墙结构形式及适用范围

结 构 形 式	适 用 范 围
无锚板桩式结构	适用于挡土高度较小，地面荷载不大且对位移控制要求不高的挡土墙

续表 5.2.1

结 构 形 式		适 用 范 围
拉锚板桩式结构	单锚板桩式结构	适用于挡土高度较大,对位移控制有一定要求的挡土墙
	多锚板桩式结构	适用于挡土高度大,对位移控制要求高的挡土墙
	斜拉桩式板桩结构	适用于后方场地狭窄,设置锚碇、锚杆结构有困难的挡土墙
双排桩式结构		适用于挡土高度及地面荷载不大,但对位移控制要求高的挡土墙

5.2.2 用于岸墙的板桩式挡土墙宜采用直线式或直线与圆弧(椭圆弧)组合式布置。用于翼墙的板桩式挡土墙宜采用圆弧(椭圆弧)式、直线与圆弧(椭圆弧)组合式、曲线式、折线式等型式。

5.2.3 对于有景观要求的板桩式挡土墙,宜设置与景观协调的颜色、造型或图案。

5.3 荷载及组合

5.3.1 作用在预制混凝土板桩式挡土墙上的荷载可分为基本荷载和特殊荷载,并应包括下列内容:

1 基本荷载宜包括下列内容:

- 1)挡土墙墙后车辆、人群等附加荷载;
- 2)正常挡水位、设计洪水位或墙后地下水位情况下的土压力;
- 3)正常挡水位、设计洪水位或墙后地下水位情况下的静水压力和扬压力;
- 4)淤沙压力;
- 5)正常挡水位、设计洪水位情况下的风浪压力;
- 6)冰压力;
- 7)土的冻胀力。

2 特殊荷载宜包括下列内容:

- 1)校核洪水位或墙后地下高水位情况下的土压力;

- 2)校核洪水位或墙后地下高水位情况下静压力和扬压力；
- 3)校核洪水位情况下的风浪压力；
- 4)地震荷载；
- 5)施工各阶段的临时荷载等。

5.3.2 作用在预制混凝土板桩式挡土墙上的荷载及组合的确定应符合现行行业标准《水工建筑物荷载设计规范》SL 744 的有关规定。

5.3.3 作用在预制混凝土板桩上的水土侧压力宜按水土分算的原则进行计算。

5.3.4 作用在预制混凝土板桩上的水压力不宜计算地下水渗流作用,剩余水压力在墙前水位以下按矩形分布计算(图 5.3.4)。

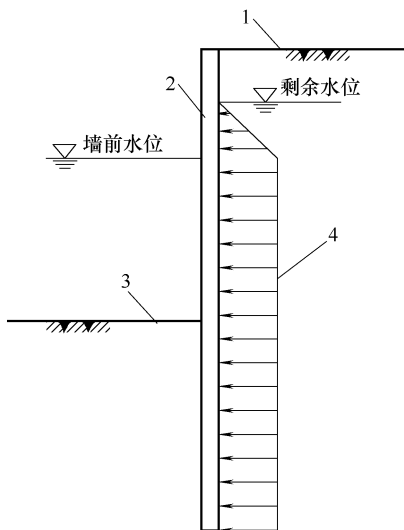


图 5.3.4 剩余水压力分布示意图

1—墙后底面；2—板桩；3—墙前泥面；4—剩余水压力

5.3.5 分析板桩式挡土墙的抗倾覆稳定时,作用在板桩墙后的土压力应按主动土压力计算,墙前土压力应按被动土压力计算。

5.4 稳定计算

5.4.1 预制混凝土板桩式挡土墙的稳定计算单元应根据平面布置型式确定,可取 1 延米或一个锚碇区段作为一个稳定计算单元,圆弧段板桩式挡土墙可按其整体进行计算。

5.4.2 预制混凝土板桩式挡土墙的抗渗压力可采用全截面直线分布法或数值法,原状土和回填土的抗渗稳定性可按现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487 的规定判别。

5.4.3 预制混凝土板桩式挡土墙的整体稳定可采用瑞典圆弧法进行计算,并应符合现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 中的有关规定。

5.4.4 预制混凝土板桩式挡土墙的抗倾覆稳定、锚碇墙抗滑稳定以及锚碇墙到板桩墙的最小水平距离的相关计算应符合本规程附录 B 的规定,其安全系数应满足现行行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379 中的相关规定。

5.5 结构内力与变形分析

5.5.1 预制混凝土板桩式挡土墙应进行结构内力分析。

5.5.2 有锚板桩式挡土墙应按施工顺序分阶段计算。在锚拉结构未受力前应按插入地基的悬臂结构计算;锚拉结构受力后,应按有锚结构计算。

5.5.3 板桩式挡土墙的结构内力和变形宜采用竖向弹性地基梁法计算,并应符合本规程附录 C 的规定。

5.5.4 采用竖向弹性地基梁法计算时,应符合下列规定:

1 墙前内力和变位可采用杆系有限元法求解(图 5.5.4)。入土段墙后的主动土压力应由墙后泥面以上地面荷载与土体重产生的土压力两部分组成。

2 弹性杆的弹性系数应由水平地基反力系数乘以杆间距确定。计算点处的水平地基反力系数可由该处土的水平地基反力系

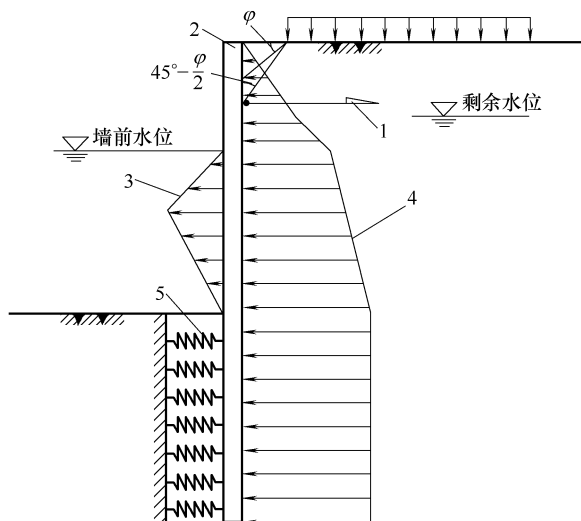


图 5.5.4 竖向弹性地基梁法计算图示

1—拉杆;2—板桩;3—波浪力;4—主动土压力;5—弹性杆

数的比例系数 m 值乘以该处自墙前泥面以下计算深度确定或采用其他方法确定。土的水平地基反力系数的比例系数 m 值可通过水平荷载试验确定,当无试验资料时,可按表 5.5.4 的规定选用。

表 5.5.4 土的水平地基反力系数的比例系数 m 值

地基土质情况	m (kN/m^4)
$I_L \geq 1$ 的黏性土,淤泥	1000~2000
$1 > I_L \geq 0.5$ 的黏性土,粉砂	2000~4000
$0.5 > I_L \geq 0$ 的黏性土,中、细砂	4000~6000
$I_L < 0$ 的黏性土,粗砂	6000~10000
砾石、砾砂、碎石、卵石	10000~20000

注:1 板桩墙在计算墙前泥面的水平变位大于 10mm 时, m 值可采取分层选取的方法,泥面下一定深度范围内土层的 m 值取表中下限值。

2 表中的砂土,当密实度为松散时取表中下限值,密实度为密实时取上限值。

3 I_L 为土的液性指数。

3 锚碇点位移应由拉杆受力变形、锚碇结构位移及其他因素产生的位移组成。

5.5.5 预制混凝土板桩式挡土墙应验算桩顶的水平位移,入土点的桩身水平变位值不宜大于 10mm。

5.6 构造要求

5.6.1 挡土墙墙前无水墙后有水或墙后水位高于墙前水位时,可在墙身(板桩)预留排水孔,排水孔可沿高度方向分排布置,排水孔间距不宜大于 3.0m,排水孔的直径宜为 50mm~80mm,排水孔后应设置反滤层及集、排水设施。

5.6.2 预制混凝土板桩式挡土墙的墙后填土面应设置地表排水设施。

5.6.3 挡土墙墙前的泥面宜采取护底措施。

5.6.4 预制混凝土板桩厚度宜为 200mm~700mm;当板桩厚度大于 300mm 时,宜采用空心截面板桩或异形截面板桩。

5.6.5 预制混凝土板桩间的缝宽不宜大于 15mm。板桩墙后原土层或回填料为细颗粒土时,板桩之间的接缝应采取防漏土措施。

5.6.6 预制混凝土板桩式挡土墙的拉杆间距宜为 1.0m~3.0m,并宜取板桩宽度的整数倍。拉杆中部应设置可施加预紧力的装置,钢制构件应按附录 C 预留腐蚀余量。

5.6.7 预计拉杆下填土沉降较大时,宜在拉杆下设支承桩或在拉杆上安设防压罩。支承桩间距可为 4.0m~6.0m,桩尖宜打入低压缩性土层内。防压罩与拉杆之间应预留间隙。

5.6.8 采用锚杆的预制混凝土板桩式挡土墙时,预应力锚杆自由段长度不应小于 5.0m,且应超过潜在滑裂面并进入稳定土层不小于 1.5m,杆体的自由段应设置隔离套管。土层中的锚杆锚固段长度不宜小于 6.0m。

5.6.9 锚碇墙宜采用现浇钢筋混凝土墙或预制钢筋混凝土板安装或插入而成的连续墙。当锚碇墙采用预制钢筋混凝土板时,应

在墙后设置连续导梁。锚碇墙可采用矩形、梯形或 L 形截面。

5.6.10 锚碇板可采用预制钢筋混凝土板。锚碇板截面可采用平板、双向梯形板或 T 形板。

5.6.11 锚碇墙、锚碇板的高度宜为 1.0m~3.5m,厚度不宜小于 150mm。

5.6.12 锚碇墙、锚碇板应预留拉杆孔,其位置宜与作用在锚碇墙、锚碇板上的土压力合力作用点重合,斜度应与拉杆方向一致。

5.6.13 钢筋混凝土锚碇桩墙应设置导梁,并应符合下列规定:

- 1 导梁可单独设置在墙后或利用锚碇桩墙的帽梁作为导梁;
- 2 单设的导梁,钢筋混凝土锚碇桩墙宜采用钢筋混凝土梁;
- 3 帽梁和导梁分段长度及变形缝的位置应与前墙相对应。

5.6.14 有锚预制混凝土板桩式挡土墙应设导梁和帽梁,导梁和帽梁可合为胸墙。无锚预制混凝土板桩式挡土墙可只设帽梁。帽梁或胸墙可采用现浇钢筋混凝土结构。胸墙的截面形式可采用矩形、梯形、L 形或 I 形。

5.6.15 预制混凝土板桩式挡土墙前墙的导梁可采用现浇或预制的钢筋混凝土梁。

5.6.16 帽梁或胸墙的前后两侧均应比板桩宽 150mm 以上。

5.6.17 预制混凝土板桩式挡土墙前墙应伸入帽梁或胸墙,深度可取 50mm~70mm。

5.6.18 帽梁、导梁和胸墙的变形缝间距宜为 15.0m~30.0m。在结构形式变化处、水深变化处、地基土质变化处和新旧结构衔接处,应设置变形缝。

5.6.19 变形缝的宽度宜为 20mm~30mm,变形缝应采用弹性材料填充。

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 板桩的沉桩方法选用应符合表 6.1.1 的规定。

表 6.1.1 板桩施工方法及适用岩土层

施工方法	适合岩土层
锤击法	淤泥、淤泥质土、可~硬塑状黏性土、粉土、稍密~中密砂土、强风化泥岩
静压法	淤泥、淤泥质土、可塑状黏性土、粉土、厚度不大于 3.0m 的细砂
振动法	淤泥、淤泥质土、可塑状黏性土、粉土、中密~密实状砂土
植桩法	硬塑~坚硬状黏性土、密实状砂卵石层、强风化基岩等

6.1.2 板桩沉桩施工前,应进行下列准备工作:

- 1 收集施工图纸、地勘报告等相关资料;
- 2 调查现场的地质、地形、水文、气象等情况;
- 3 调查场地及毗邻区域内的地下及地上管线、建筑物及障碍物对沉桩施工影响;
- 4 处理或清除施工区域内影响沉桩的高空及地下障碍物;
- 5 满足施工设备操作空间或施工船舶的吃水要求;
- 6 在不受施工影响的位置设置坐标、高程控制点及轴线定位点;
- 7 制订工艺试验方案、施工方案;
- 8 供电、供水、排水、道路、照明、通信、临设工房等的安设。

6.1.3 当板桩施工影响邻近建筑物、地下管线的正常使用和安全时,应调整施工工艺或沉桩施工顺序,并宜采用下列一种或多种辅助措施:

- 1 控制沉桩速率、优化沉桩流程;
- 2 对被保护建筑物进行加固处理;

3 在施工场地与被保护对象间开挖缓冲沟并根据挤土情况可反复在缓冲沟内取土；

4 采用植桩、引孔等施工方法。

6.1.4 施工时应先期沉入的桩顶部进行位移、倾斜监测，发现浮桩应实施复打或复压。

6.1.5 应采用导桩、导梁和导架等定位导向装置辅助施工。

6.1.6 同一施工段内的板桩宜采用单根依次插入的方法施工。

6.1.7 沉桩时，当桩身垂直度偏差超过限值应进行纠正，不得采用移动机架等方法强行纠偏。

6.1.8 出现下列情况之一时，应暂停沉桩作业，并分析原因，采取相应措施：

- 1 实际地层情况与勘察报告中的土层性质不符；
- 2 桩难以穿越密实土层，且没有达到设计桩长或嵌固深度；
- 3 出现异常响声，沉桩机械工作状态出现异常；
- 4 桩身出现纵向裂缝和桩头混凝土出现剥落等异常现象；
- 5 沉桩突然加速、桩身倾斜脱榫、移位等异常现象；
- 6 桩身夹持机具打滑；
- 7 沉桩机械下陷不能保证桩身垂直度。

6.1.9 板桩沉桩的终止标准应为设计标高或设计嵌固深度。

6.1.10 板桩的榫槽及预留的竖向空腔应按设计要求进行处理。当无设计要求时，应采用模袋混凝土或砂浆填塞，混凝土和砂浆的强度不宜低于 20MPa。填塞前应清理空腔中的泥土和杂物。

6.1.11 板桩不宜截桩，当必须截桩时，应经设计单位复核确认。截桩应采用锯桩器，截余部分板桩不应作为挡土结构使用。

6.1.12 当进行接桩时，接桩位置应避开计算弯矩及剪力最大的部位且处于入土点以下，接桩部位强度不应小于桩身强度。

6.2 起吊、搬运和堆放

6.2.1 板桩堆放应符合下列规定：

1 板桩堆放场地应坚实、平整,采取排水措施。

2 长度不大于 15.0m 的板桩,最下层宜采用两支点法堆放(图 6.2.1);长度大于 15.0m 的板桩及拼接桩,最下层应采用多垫木堆放,垫木应均匀放置且在同一水平面上。

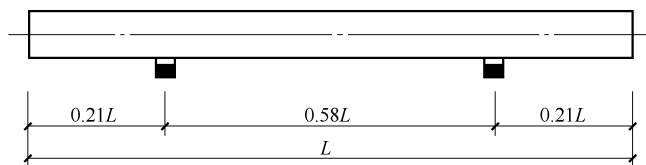


图 6.2.1 两支点法位置

3 板桩应按规格、类型、型号、壁厚、长度分别堆放,堆放过程中应采用防滑、防滚等安全措施。

6.2.2 板桩吊装应轻起轻放,不得抛掷、碰撞、滚落,并应符合下列规定:

1 波浪桩及凹形板桩宜采用双桩对拼起吊(图 6.2.2-1),对拼起吊双桩端板处采用钢制连接卡板连接成整体,其余板桩宜采用单桩起吊。

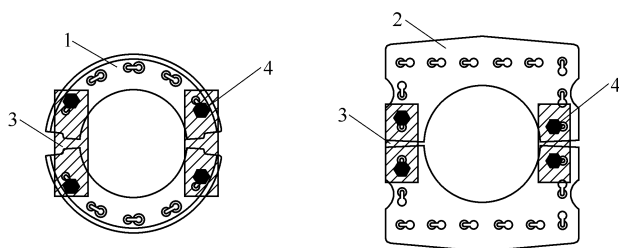


图 6.2.2-1 波浪桩及凹形板桩对拼起吊

1—波浪桩端板;2—凹形板桩端板;3—钢制连接卡板;4—螺栓

2 长度不大于 15.0m 且符合本规程附录 A 规定长度的板桩,宜采用两点吊(图 6.2.2-2)或两头钩吊法。

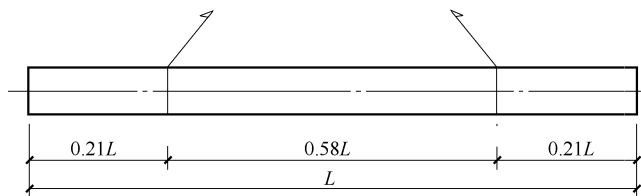


图 6.2.2-2 两点吊吊点位置

3 长度大于 15.0m 且小于 30.0m 的板桩或拼接桩应采用四点吊(图 6.2.2-3)。

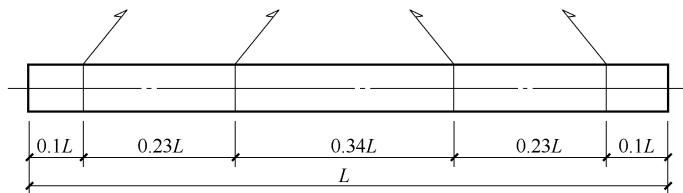


图 6.2.2-3 四点吊吊点位置

4 长度大于 30.0m 的板桩或拼接桩,应采用多点起吊。

5 吊点位置应符合设计要求,允许偏差为 $\pm 200\text{mm}$ 。除两端钩吊外,吊索应与板桩纵轴线垂直。

6.2.3 板桩运输应符合下列规定:

1 板桩在运输过程中的支承应符合本规程第 6.2.1 条的规定,各层间应设置垫木,垫木应上下对齐、材质一致,同层垫木应保持同一平面;

2 板桩运输过程中应采用防滑、防滚等安全措施。

6.2.4 施工现场板桩的吊运及堆放应符合下列规定:

1 板桩不宜在施工现场多次吊运;

2 叠层堆放时,应采用吊机取桩,严禁拖拉移桩;

3 板桩应按不同规格、长度及施工流水顺序分别堆放。

6.3 静压法施工

6.3.1 静力压桩机应满足下列要求：

- 1 压桩机的最大压力不宜小于板桩单桩竖向承载力特征值的 2.4 倍；
- 2 应选用满足场地道路及施工要求的压桩机；
- 3 压桩机的接地压强值应小于场地表层土承载力特征值。

6.3.2 静压法施工工序应符合下列要求：

- 1 桩位复核无误后，按照规定的打桩顺序就位桩机。
- 2 用吊车将桩送至桩机处，并摆放平顺。喂桩前应检查所使用桩的质量、型号。喂桩过程中应安全、平稳。
- 3 桩起吊就位插入入土点时，应采用测量仪器监测桩体的垂直度，并在压桩过程中持续监测，直到沉桩工序终结。
- 4 压桩过程中应记录压桩时间、桩位编号、桩身质量、入土深度和对应的压力读数。

6.3.3 静压板桩第一节桩下压时垂直度偏差不应大于 0.5%，且相邻板桩之间榫槽间隙不应超过 15mm。

6.3.4 静压送桩的质量控制应符合下列规定：

- 1 测量桩的垂直度并检查桩头质量；
- 2 送桩应采用专制钢质送桩器；
- 3 送桩器与桩顶的接触面应平整，并与送桩器中心轴线垂直。送桩器与桩顶的接触面间应加衬垫。送桩器与桩顶接触面应密贴。

6.4 锤击法施工

6.4.1 打桩机和打桩锤的选用应符合下列要求：

- 1 可选择陆上打桩机、打桩船或打桩平台；
- 2 打桩机或打桩船应具备平稳、运转灵活、能够精确调整插入角度的功能，打桩机的底盘和桩架的型号应与打桩锤、桩型相匹配；

3 常用锤型和施工参数应根据地质条件、板桩外形、贯入度等按表 6.4.1 的规定选用。工程桩使用的桩锤应与试桩使用的桩锤型号一致。

表 6.4.1 常用锤型和施工参数

锤 型	50	62	80	100	128
冲击体质量(t)	5.0	6.2	8.0	10.0	12.8
适用板桩宽度(mm)	300~400	400~500	500~600	600~800	800~1000
板桩桩尖可进入的岩土层	硬塑黏性土、密实砂砾土、强风化岩				
常用贯入度(mm/10 击)	20~50	20~50	30~60	50~80	60~120

6.4.2 桩帽及锤垫、桩垫的选择应符合下列要求：

1 桩帽应与板桩截面相匹配；

2 桩帽的上部与桩锤之间应设置锤垫，锤垫宜选用橡胶垫、布轮、棕绳等弹性较好的材料，厚度宜为 150mm~200mm。锤垫应均匀平整，弹性锤垫上、下钢压板的厚度不宜小于 40mm，锤垫失去弹性、钢压板发生倾斜或呈锅底形时应更换；

3 桩帽与桩头之间应设置外形与桩帽套筒形状相同的桩头垫，其压实厚度不应小于 120mm。

6.4.3 施工时最大锤击压应力不应超过混凝土的轴心抗压强度设计值，最大锤击拉应力不应超过混凝土的轴心抗拉强度设计值。

6.4.4 送桩器与桩头垫应符合下列要求：

1 送桩器宜选用 Q235 或 Q355 钢材制作，其两端面焊接钢板厚度不应小于 30mm；

2 送桩器截面应和板桩截面相匹配，长度应满足送桩深度要求；

3 送桩器下端的套筒内边长或内径宜比板桩截面直径大 20mm~25mm，套筒深宜为 200mm~300mm；

4 送桩时送桩器与桩头间应设置桩头垫，其厚度不应小于 50mm；

5 送桩器应上下端面应平整，且应与送桩器中轴线垂直。

6.4.5 打桩过程的质量控制应符合下列要求：

- 1 板桩起吊点应符合设计要求，不得采用钢丝绳在地面拖拉；
- 2 板桩沉桩施工时，桩锤上下运动轨迹应与桩身中心线重合；
- 3 锤击沉桩应连续作业时，宜避免桩端在硬土或密砂夹层中停留；
- 4 锤击沉桩法施工宜采用重锤轻击。应根据桩的规格性能以及使用的锤型控制锤击数。

6.5 植桩法施工

6.5.1 植桩法施工应先采用搅拌桩机或旋喷桩机在设计桩位处施工搅拌桩或旋喷桩，后采用压桩机或振动锤将板桩沉入预先施工的桩孔内(图 6.5.1)。



图 6.5.1 植桩法施工工序

6.5.2 采用植桩法沉桩时，施工前应进行试沉桩试验，对于有竖向承载力要求的板桩，还应进行竖向静载试验，确定施工工艺和施

工参数。

6.5.3 冬季施工时宜在水泥土搅拌桩或旋喷桩施工后 6h 内完成植桩；夏季施工时宜在水泥土搅拌桩或旋喷桩施工后 4h 内完成植桩。

6.5.4 采用植桩法施工板桩时，应符合下列要求：

1 搅拌桩或旋喷桩的成孔直径宜比板桩厚度（直径）大 30mm~100mm；

2 对于密排的板桩式挡土墙，搅拌桩或旋喷桩应连续搭接施工成槽，搭接处最小宽度应大于板桩桩身厚度（直径）；

3 搅拌桩或旋喷桩的成孔深度宜比板桩嵌固深度深 0.5m~1.0m；

4 施工前应对施工区域的地下障碍物进行探查，如有障碍物应对其清理并回填素土，分层夯实；

5 搅拌桩或旋喷桩应连续施工，对于超过 24h 未植桩的桩孔，应进行复搅或复喷；

6 植入板桩前应将桩孔附近返浆处理干净；

7 宜采用 42.5 级普通硅酸盐水泥，水泥掺量及水灰比应根据地基土的性质和地下水情况现场试配确定。

6.5.5 植桩法沉桩时应采取监控措施。

6.6 振动法施工

6.6.1 振动锤选型应符合下列要求：

1 振动锤的激振力应大于被振沉构件与土的侧摩阻力；

2 振动锤系统的总重量应大于被振沉构件的端阻力；

3 振动锤系统的工作振幅应大于被振沉构件到要求深度所需的最小振幅；

4 振动锤系统的起吊能力应大于被振沉构件的自重；

5 工程场地应满足振动锤系统行走及施工的相关要求。

6.6.2 振动锤夹具应符合下列要求：

- 1 夹具应具有足够的强度及刚度；
 - 2 夹嘴应具有足够的夹持力；
 - 3 夹具外形应与板桩外形紧密贴合；
 - 4 设置相关的缓冲措施，防止在施工过程中对桩头造成破坏。
- 6.6.3** 打桩过程的质量控制应符合下列要求：
- 1 不得采用振动锤拖拉板桩就位；
 - 2 板桩振动沉桩前，桩身中心线应与振动锤中心线重合，防止偏心振动；
 - 3 振动沉桩应连续作业；
 - 4 应采用定位导向装置进行辅助沉桩；
 - 5 当在密实的土层中板桩无法下沉时，可采其他辅助措施。

6.7 胸墙、帽梁和导梁施工

- 6.7.1** 板桩嵌入胸墙或帽梁的深度和钢筋伸入长度应满足设计要求。
- 6.7.2** 胸墙和帽梁的分段长度应满足设计要求。
- 6.7.3** 在受水位影响条件下施工时，应在低水位施工，并应保持混凝土的浇筑面在混凝土初凝前不被水淹没。
- 6.7.4** 胸墙、帽梁和导梁的施工基槽边坡应稳定安全。

6.8 拉杆安装与施工

- 6.8.1** 钢拉杆在吊运和堆存过程中应避免碰伤螺杆丝扣或使拉杆产生变形。
- 6.8.2** 钢拉杆安装应符合下列规定：
- 1 钢拉杆应在前墙后的回填施工前进行安装。
 - 2 钢拉杆安装应顺直。陆地安装时，钢拉杆宜采用垫块支垫，垫块间距宜为 3.0m~5.0m。水上或陆上架空安装时，应按设计要求支垫。
 - 3 张紧拉杆应在锚碇板或锚碇墙前的回填完成，且在前墙、

胸墙、导梁和锚碇结构的混凝土强度达到设计要求后进行。

4 拉杆宜采用旋紧螺母或张紧器初步调整拉杆长度后,再用扭力扳手施加设计预拉力,使全部拉杆逐步拉紧。

5 当前墙后的回填高程接近拉杆设计高程时,应采用扭力扳手再次对拉杆的拉力进行调整,各拉杆受力应均匀并满足设计要求的预拉力。

6 拉杆螺母最终紧固后,拉杆的螺纹应至少外漏 2 个~3 个丝扣。

6.8.3 拉杆的外敷包裹层施工应符合下列规定:

1 拉杆杆体的包裹层应在安装前施工;

2 包裹层所用材料和层数应满足设计要求,包裹应紧密、连续,涂料应浸透,不得有空鼓现象;

3 拉杆安装后,应对连接铰、张紧器和螺母等安装前未作防腐处理的部位及施工过程中的损坏部位进行防腐处理。

6.9 回填土施工

6.9.1 板桩式挡土墙后方回填的时间、顺序和速率应满足设计要求,并宜按先回填锚碇结构前土体,再回填前墙后土体,最后进行上部大面积回填的顺序进行施工。

6.9.2 墙后回填土控制含水量与土料最优含水量的允许偏差宜为 $\pm 3\%$ 。填土应分层碾压或压实,分层厚度不宜大于 300mm,压实度应与所属水工建筑物的等级、所在部位相协调。

6.9.3 锚碇结构前的回填范围和技术要求应满足设计要求。

6.9.4 墙后的回填应符合下列规定:

1 墙后的回填应与拉杆的安装和张紧度施工相协调。

2 水下回填前,应对回填区进行检查。回填区内的回淤沉积物超过设计要求时应进行清理。

3 沿轴线方向的回填应均匀,并应按照从前墙纵轴线向后方呈扇形推进的原则进行。

4 墙后反滤层施工应与后方回填施工协调安排,宜采取分段施工、平行推进的方法。

5 回填时不得损坏拉杆和外敷包裹层。

6.9.5 板桩式挡土墙后方大面积回填应符合下列规定:

1 回填及压实应沿着与拉杆平行的方向进行;

2 采用碾压法密实拉杆上部回填土时,拉杆上部的覆土厚度不宜小于 500mm。

6.9.6 墙前挖土宜在墙后填土完成后分层进行。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙质量检验与评定应包括进场检验、施工质量检验和质量评定等程序。

7.1.2 板桩进场提供的检验资料应完整,其主要内容应包括混凝土、钢材及受力埋件质量证明文件、主要材料进场复验报告、构件生产过程质量检验记录、结构试验记录(或报告)及其必要的试验或检验记录。

7.1.3 对于腐蚀、冻融环境下的板桩,应对其原材料、混凝土配合比和生产工艺等相关技术进行控制,并按设计要求对混凝土保护层等采取相应措施。

7.1.4 对合格的预制构件应作出标识,标识内容应包括构件型号、生产日期、生产单位、合格标识、参照标准等。

7.2 进场检验

I 主控项目

7.2.1 预制混凝土板桩的质量应符合本规程、国家现行有关标准的规定和设计的要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:检查质量证明文件或质量验收记录。

7.2.2 预制混凝土板桩的外观质量不应有严重的缺陷,且不应有影响结构性能和施工、使用功能的尺寸偏差。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、尺量;检查处理记录。

7.2.3 预制混凝土板桩上的预埋件的规格和数量,预留孔洞的数

量应符合设计的要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

7.2.4 预制混凝土板桩抗弯性能检验应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

II 一般项目

7.2.5 预制混凝土板桩应有标识。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

7.2.6 预制混凝土板桩的外观质量应满足表 7.2.6 的规定。

检查数量:每个检验批板桩数量的 5%,且不应少于 3 根。

检验方法:观察、尺量;检查处理记录。

表 7.2.6 板桩的外观质量

序号	项 目	外观质量要求
1	粘皮和麻面	局部粘皮和麻面累计面积不应大于桩总外表面的 0.5%;每处粘皮和麻面的深度不得大于 5mm,且应修补
2	桩身合缝漏浆	漏浆深度不应大于 5mm,每处漏浆长度不得大于 300mm,累计长度不得大于板桩长度的 10%,或对称漏浆的搭接长度不得大于 100mm,且应修补
3	局部磕损	局部磕损深度不应大于 5mm,每处面积不得大于 5000mm ² ,且应修补
4	内外表面漏筋	不允许
5	表面裂缝	不得出现环向和纵向裂缝,但龟裂、水纹和内壁浮浆层中的收缩裂缝不在此限
6	桩端面平整度	若设置端板,板桩端面混凝土和预应力钢筋锚头不得高出端板平面
7	断筋、脱头	不允许
8	内表面混凝土塌落	不允许
9	接头与桩身结合面	漏浆深度不应大于 5mm,漏浆长度不得大于周长的 1/6,且应修补;不允许出现空洞与蜂窝

7.2.7 预制混凝土板桩的尺寸允许偏差应符合表 7.2.7 的规定。

检查数量:每个检验批板桩数量的 5%,且不应少于 3 根。

检验方法:尺量;检查处理记录。

表 7.2.7 板桩尺寸允许偏差

序 号	项 目	允 许 偏 差
1	长度	$\pm 50\text{mm}$
2	横截面宽度(直径)、厚度	$+10\text{mm}$ -5mm
3	凹榫或凸榫	3mm
4	桩身侧向弯曲矢高	$L/1000$ 且不大于 20mm
5	桩尖对桩纵轴线偏移	10mm
6	桩抹面平整度	10mm
7	保护层厚度	$+5\text{mm}$ 0

注: L 为板桩桩身长度。

7.2.8 预制混凝土板桩的榫槽应完整、平顺,不应有明显破损。

检查数量:每个检验批不应少于 2 根,每种规格、每种型号的板桩不宜少于 1 根。

检验方法:观察。

7.2.9 其他预制构件进场检验应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 有关规定。

7.3 施工质量检验

7.3.1 施工质量检验应包括挡土墙施工安装和相应的地基处理及回填土等相关内容。

7.3.2 检验项目和数量应符合现行行业标准《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 土石方工程》SL 631、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 混凝土工程》SL 632 和《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 地基处理与基础工程》SL 633 的有关规定。

7.3.3 工程质量检测宜采用无损检测方法,必须采用破损检测

时,检测结束后应修复。

7.3.4 检测中出现检验不合格项目时,应按现行行业标准《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 土石方工程》SL 631、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 混凝土工程》SL 632 和《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 地基处理与基础工程》SL 633 有关规定进行处理。

附录 A 预制板桩截面参数及力学性能

A.0.1 平板桩构造(图 A.0.1)应符合下列规定:

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 2.0m,间距应为 100mm,非加密区箍筋间距应为 200mm;
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;
- 3 非预应力钢筋可根据截面高度和实际工程需要进行配置;
- 4 企口部位应采用统一尺寸;

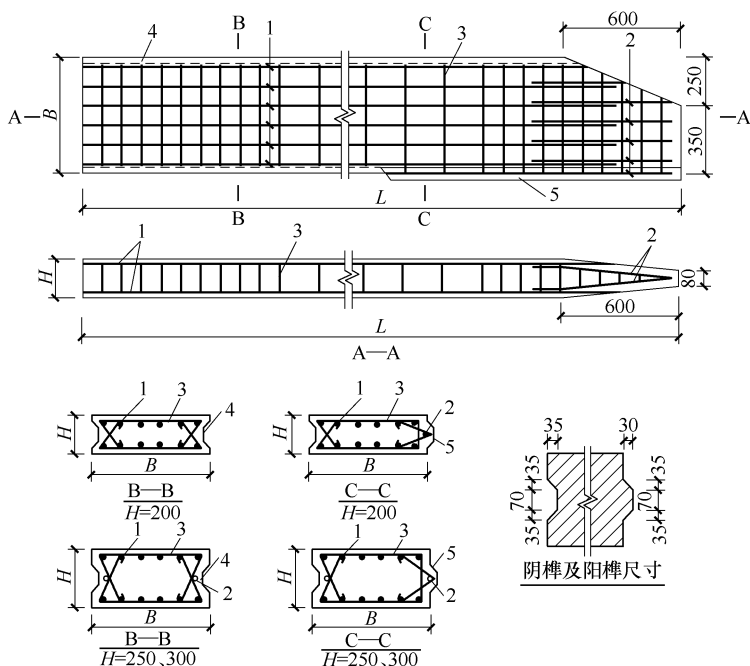


图 A.0.1 平板桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—非预应力构造筋;3—箍筋;4—阴榫;5—阳榫

5 平板桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 平板桩配筋、截面参数及力学性能表

宽度 B (mm)	高度 H (mm)	混凝土 强度 等级	型 号	预应力 钢筋 配筋	单节 桩长 L (m)	箍筋 规格	抗裂 弯矩 M_{cr} ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	抗弯承 载力设 计值 M ($\text{kN} \cdot \text{m}$)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	理论 重量 (kg/m)
600	200	C60	I	12 ϕ 9.0	≤ 8	$\phi^b 5$	39	59	84	300
			II	12 ϕ 10.7	≤ 9		47	77	95	
			III	12 ϕ 12.6	≤ 10		59	98	106	
600	250		I	12 ϕ 9.0	≤ 9	$\phi^b 5$	54	78	116	375
			II	12 ϕ 10.7	≤ 9		65	104	127	
			III	12 ϕ 12.6	≤ 10		80	136	142	
600	300		I	12 ϕ 9.0	≤ 9	$\phi^b 6$	72	97	161	450
			II	12 ϕ 10.7	≤ 10		85	131	173	
			III	12 ϕ 12.6	≤ 11		103	173	188	

A.0.2 空心平板桩构造(图 A.0.2)应符合下列规定：

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 1.5m,间距应为 100mm,非加密区箍筋间距应为 200mm；
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置；
- 3 企口部位应采用统一尺寸；

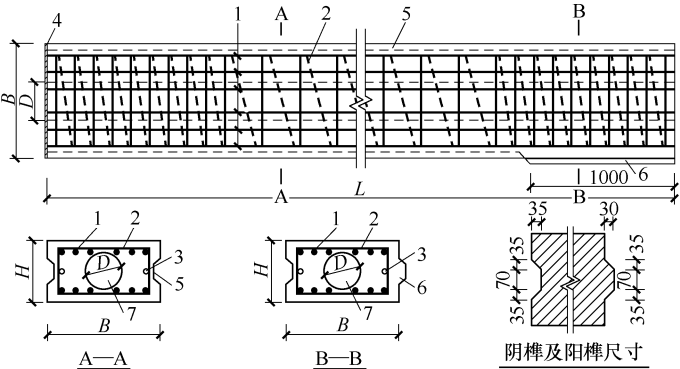


图 A.0.2 空心平板桩结构及配筋图

1—预应力钢筋；2—箍筋；3—非预应力钢筋；4—端板；5—阴榫；6—阳榫；7—中心孔

4 空心平板配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 空心平板桩配筋、截面参数及力学性能表

宽度 B (mm)	高度 H (mm)	内径 D_1 (mm)	单节 桩长 L (m)	混凝土 强度 等级	型 号	预应力 钢筋 配筋	非预应力 钢筋 配筋	箍筋 规格	有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂 弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	极限弯 矩标准 值 M_u (kN·m)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	抗弯刚 度 EI (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)	
600	320	200	≤13	C80	I	12φ10.7	2φ12	φ ^b 6	5.96	107	144	194	243	50	398	
					II	12φ12.6	2φ12		7.96	129	191	258	258			
700	350	230	≤13		I	12φ10.7	4φ12	φ ^b 6	4.77	131	162	219	299	76	510	
					II	12φ12.6	4φ12		6.42	156	218	294	314			
800	380	250	≤13		I	16φ10.7	4φ12	φ ^b 6	5.01	183	235	317	381	112	644	
					II	16φ12.6	4φ12		6.73	218	315	425	401			
900	400	260	≤14		I	20φ10.7	4φ12	φ ^b 8	5.16	233	308	416	490	148	779	
					II	20φ12.6	4φ12		6.93	279	412	557	515			
1000	430	290	≤14		I	20φ10.7	4φ12	φ ^b 8	4.40	273	338	456	568	203	927	
					II	20φ12.6	4φ12		5.94	324	455	614	594			
1200	470	320	≤14		I	24φ10.7	4φ12	φ ^b 8	3.98	375	449	606	747	318	1238	
					II	24φ12.6	4φ12		5.39	441	606	818	779			
1300	500	340	≤14		I	28φ10.7	6φ12	φ ^b 8	4.01	462	559	754	866	416	1435	
					II	28φ12.6	6φ12		5.42	544	754	1018	903			

A.0.3 翼边板桩构造(图 A.0.3)应符合下列规定:

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 1.5m,间距应为 100mm,非加密区箍筋间距应为 200mm;
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;
- 3 企口部位应采用统一尺寸;

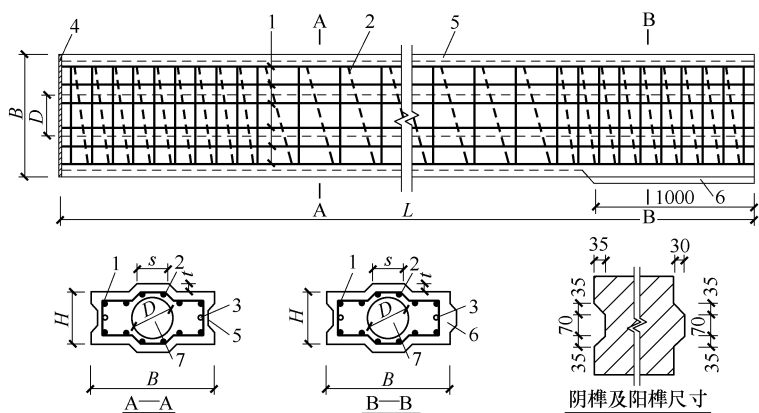


图 A.0.3 翼边板桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—箍筋;3—非预应力钢筋;4—端板;5—阴榫;6—阳榫;7—中心孔

4 翼缘板桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 翼缘板桩配筋、截面参数及力学性能表

宽度 B (mm)	高度 H (mm)	内径 D_1 (mm)	单节 桩长 L (m)	混凝土 强度 等级	型 号	预应力 钢筋 配筋	非预应 力钢筋 配筋	箍筋 规格	有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂 弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	极限弯 矩标准 值 M_u (kN·m)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	抗弯刚 度 EI (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)	
600	250	200	≤12	C80	I	12φ10.7	—	φ ^b 6	7.07	75	134	181	200	33	329	
					II	12φ12.6	—		9.37	91	179	242	213			
700	300	250	≤13		I	12φ10.7	2φ12	φ ^b 6	5.35	105	164	221	257	62	449	
					II	12φ12.6	2φ12		7.17	126	221	298	272			
800	320	270	≤13		I	16φ10.7	2φ12	φ ^b 6	5.71	144	206	279	322	86	558	
					II	16φ12.6	2φ12		7.63	173	281	379	342			
900	340	300	≤13		I	20φ10.7	4φ12	φ ^b 8	5.81	191	292	395	419	125	684	
					II	20φ12.6	4φ12		7.76	231	396	535	443			
1000	360	320	≤13		I	20φ10.7	4φ12	φ ^b 8	4.97	219	311	420	481	163	812	
					II	20φ12.6	4φ12		6.68	261	422	570	506			
1200	420	380	≤13		I	24φ10.7	4φ12	φ ^b 8	4.30	327	455	614	656	308	1140	
					II	24φ12.6	4φ12		5.81	387	618	835	688			
1300	450	410	≤14		I	28φ10.7	4φ12	φ ^b 8	4.34	407	531	717	759	402	1318	
					II	28φ12.6	4φ12		5.86	482	724	977	796			

A.0.4 凹形板桩构造(图 A.0.4)应符合下列规定:

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 2.0m,间距应为 100mm,非加密区箍筋间距应为 200mm;
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;
- 3 侧向连接孔应采用统一尺寸;

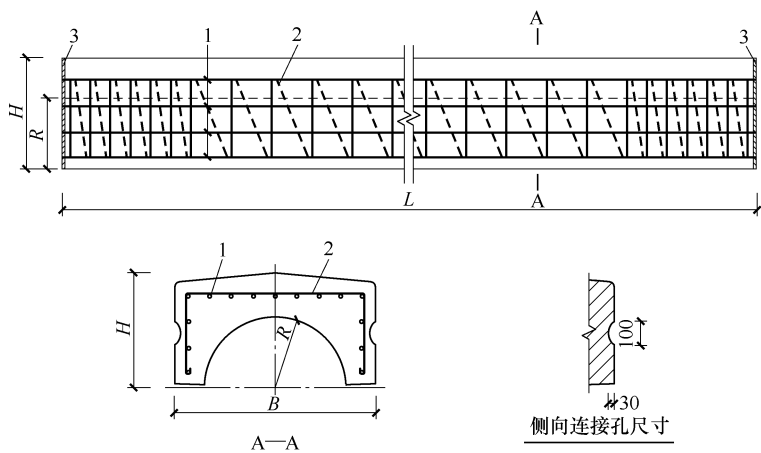


图 A.0.4 凹形板桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—箍筋;3—端板

4 凹形板桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.4-1 及表 A.0.4-2 的规定。

表 A.0.4-1 凹形板桩配筋、截面参数及力学性能表(开口向上)

宽度 B (mm)	高度 H (mm)	内径 D (mm)	单节 桩长 L (m)	混凝土 强度 等级	型 号	预应力 钢筋 配筋	箍筋 规格	有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂 弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	极限弯 矩标准 值 M_u (kN·m)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	极限抗 剪承载 力标准 值 V_u (kN)	抗弯刚 度 EI (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)	
400	210	105	≤14	C80	I	6φ10.7	φ ^b 4	7.34	28	40	54	77	104	6	158	
					II	6φ12.6		9.70	33	48	64	84	113			
450	237	125	≤14		I	6φ10.7	φ ^b 5	6.05	35	49	67	98	132	10	196	
					II	6φ12.6		8.07	42	61	82	105	142			
500	265	140	≤15		I	9φ10.7	φ ^b 5	7.14	54	80	108	126	170	15	244	
					II	9φ12.6		9.45	66	97	131	136	184			
550	292	165	≤15		I	9φ10.7	φ ^b 5	6.25	65	93	126	139	188	21	284	
					II	9φ12.6		8.32	78	115	155	149	201			
600	320	180	≤15		I	11φ10.7	φ ^b 5	6.36	85	137	185	166	224	30	340	
					II	11φ12.6		8.46	103	169	228	179	242			
650	347	205	≤15		I	11φ10.7	φ ^b 6	5.68	100	155	209	196	265	39	385	
					II	11φ12.6		7.60	120	193	260	210	284			
700	374	230	≤18		I	14φ10.7	φ ^b 6	6.36	131	189	255	221	298	51	432	
					II	14φ12.6		8.47	158	236	318	238	321			
750	401	255	≤18		I	14φ10.7	φ ^b 6	5.78	150	209	282	236	319	65	481	
					II	14φ12.6		7.73	180	263	355	254	343			
800	426	280	≤18		I	15φ10.7	φ ^b 6	5.88	179	247	333	252	340	80	506	
					II	15φ12.6		7.86	215	310	419	271	366			
900	478	330	≤18		I	18φ10.7	φ ^b 6	5.66	239	332	448	291	393	119	634	
					II	18φ12.6		7.57	287	409	552	314	424			
1000	532	380	≤18		I	22φ10.7	φ ^b 6	5.85	325	454	613	335	452	173	746	
					II	22φ12.6		7.82	390	554	748	363	490			

表 A.0.4-2 凹形板桩配筋、截面参数及力学性能表(开口向下)

宽度 B (mm)	高度 H (mm)	内圆 半径 R (mm)	单节 桩长 L (m)	混凝土 强度 等级	型 号	预应力 钢筋 配筋	箍筋 规格	有效预 压应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂 弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 M (kN·m)	极限弯 矩标准 值 M_u (kN·m)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	极限抗 剪承载 力标准 值 V_u (kN)	抗弯刚 度 EI (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)	
400	210	105	≤14	C80	I	6φ10.7	φ ^b 4	7.34	21	34	46	79	107	6	158	
					II	6φ12.6		9.70	25	46	62	86	116			
450	237	125	≤14		I	6φ10.7	φ ^b 5	6.05	25	39	52	100	135	10	196	
					II	6φ12.6		8.07	30	53	72	107	144			
500	265	140	≤15		I	9φ10.7	φ ^b 5	7.14	38	67	90	128	173	15	244	
					II	9φ12.6		9.45	45	91	124	138	186			
550	292	165	≤15		I	9φ10.7	φ ^b 5	6.25	44	74	100	141	190	21	284	
					II	9φ12.6		8.32	52	102	137	152	205			
600	320	180	≤15		I	11φ10.7	φ ^b 5	6.36	58	85	115	169	228	30	340	
					II	11φ12.6		8.46	69	117	158	182	246			
650	347	205	≤15		I	11φ10.7	φ ^b 6	5.68	65	92	124	198	267	39	385	
					II	11φ12.6		7.60	78	126	170	212	286			
700	374	230	≤18		I	14φ10.7	φ ^b 6	6.36	83	109	148	224	302	51	432	
					II	14φ12.6		8.47	99	150	203	240	324			
750	401	255	≤18		I	14φ10.7	φ ^b 6	5.78	92	116	157	239	323	65	481	
					II	14φ12.6		7.73	109	159	215	256	346			
800	426	280	≤18		I	15φ10.7	φ ^b 6	5.88	107	125	169	255	344	80	506	
					II	15φ12.6		7.86	127	172	232	273	369			
900	478	330	≤18		I	18φ10.7	φ ^b 6	5.66	137	192	259	294	397	119	634	
					II	18φ12.6		7.57	163	264	357	317	428			
1000	532	380	≤18		I	22φ10.7	φ ^b 6	5.85	179	228	308	338	456	173	746	
					II	22φ12.6		7.82	212	314	424	365	493			

A.0.5 波浪桩构造(图 A.0.5)应符合下列规定:

1 桩端箍筋加密区长度应为 2.0m,间距应为 45mm,非加密区箍筋间距应为 80mm;

2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;

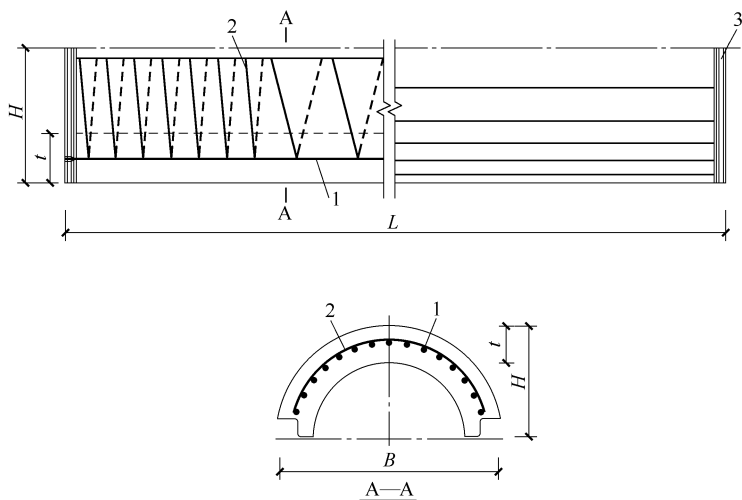


图 A.0.5 波浪桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—箍筋;3—端板

3 波浪桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.5-1 及表 A.0.5-2 的规定。

表 A.0.5-1 波浪桩配筋、截面参数及力学性能表(开口向上)

截面高度 H (mm)	壁厚 t (mm)	截面宽度 B (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩长 L (m)	预应力钢筋配筋	箍筋规格	抗裂弯矩 M_{cr} ($kN \cdot m$)	抗弯承载力计值 M ($kN \cdot m$)	极限弯矩标准值 M_u ($kN \cdot m$)	抗剪承载力计值 V (kN)	竖向承载力计值 R_p (kN)	理论重量 (kg/m)
250	100	488	C80	I	≤ 10	5 ϕ 9.0	ϕ^{b5}	14	38	46	97	1095	142
				II	≤ 12	5 ϕ 10.7	ϕ^{b5}	18	52	63	104		
				III	≤ 12	5 ϕ 12.6	ϕ^{b5}	23	70	85	112		
I	≤ 15	7 ϕ 10.7		ϕ^{b5}	31	91	109	142	1488	193			
II	≤ 15	8 ϕ 10.7		ϕ^{b5}	34	103	123	146					
III	≤ 15	7 ϕ 12.6		ϕ^{b5}	40	122	146	154					
IV	≤ 15	8 ϕ 12.6		ϕ^{b5}	45	137	164	160					
350	130	686		I	≤ 15	10 ϕ 10.7	ϕ^{b6}	51	150	181	196	2044	265
				II	≤ 15	11 ϕ 10.7	ϕ^{b6}	55	164	197	201		
				III	≤ 15	10 ϕ 12.6	ϕ^{b6}	66	201	241	214		
				IV	≤ 15	11 ϕ 12.6	ϕ^{b6}	72	219	261	220		
400	130	787		I	≤ 15	8 ϕ 10.7	ϕ^{b6}	49	146	177	212	2430	316
				II	≤ 15	8 ϕ 12.6	ϕ^{b6}	62	200	240	224		
				III	≤ 15	14 ϕ 10.7	ϕ^{b6}	82	247	296	243		
				IV	≤ 15	14 ϕ 12.6	ϕ^{b6}	110	329	392	267		
500	130	989		I	≤ 15	14 ϕ 10.7	ϕ^{b6}	117	334	401	300	3204	416
			II	≤ 15	14 ϕ 12.6	ϕ^{b6}	153	451	538	324			
600	150	1189	I	≤ 15	14 ϕ 10.7	ϕ^{b6}	157	409	494	397	4504	585	
			II	≤ 15	14 ϕ 12.6	ϕ^{b8}	199	559	671	421			

表 A.0.5-2 波浪桩配筋、截面参数及力学性能表(开口向下)

截面高度 H (mm)	壁厚 t (mm)	截面宽度 B (mm)	混凝土强度等级	型号	单节桩长 L (m)	预应力钢筋配筋	箍筋规格	抗裂弯矩 M_{cr} (kN·m)	抗弯承载力设计值 M (kN·m)	极限弯矩标准值 M_u (kN·m)	抗剪承载力设计值 V (kN)	竖向承载力设计值 R_p (kN)	理论重量 (kg/m)
250	100	488	C80	I	≤10	5φ9.0	φ ^b 5	12	15	34	97	1095	142
				II	≤12	5φ10.7	φ ^b 5	15	21	43	104		
				III	≤12	5φ12.6	φ ^b 5	19	27	51	112		
I	≤15	7φ10.7		φ ^b 5	25	37	74	142	1488	193			
II	≤15	8φ10.7		φ ^b 5	28	41	80	146					
III	≤15	7φ12.6		φ ^b 5	33	47	88	154					
IV	≤15	8φ12.6		φ ^b 5	37	51	93	160					
I	≤15	10φ10.7		φ ^b 6	41	60	120	196	2044	265			
II	≤15	11φ10.7		φ ^b 6	44	65	127	201					
III	≤15	10φ12.6		φ ^b 6	54	77	143	214					
IV	≤15	11φ12.6		φ ^b 6	59	82	149	220					
400	130	787		I	≤15	8φ10.7	φ ^b 6	38	61	130	212	2430	316
				II	≤15	8φ12.6	φ ^b 6	49	82	164	224		
				III	≤15	14φ10.7	φ ^b 6	65	99	188	243		
				IV	≤15	14φ12.6	φ ^b 6	88	123	218	267		
500	130	989		I	≤15	14φ10.7	φ ^b 6	88	140	277	300	3204	416
				II	≤15	14φ12.6	φ ^b 6	116	181	336	324		
600	150	1189		I	≤15	14φ10.7	φ ^b 6	117	177	370	397	4504	585
				II	≤15	14φ12.6	φ ^b 8	150	237	469	421		

A.0.6 护壁桩构造(图 A.0.6)应符合下列规定:

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 2.0m,间距应为 45mm,非加密区箍筋间距应为 80mm;
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;
- 3 侧向连接孔应采用统一尺寸;

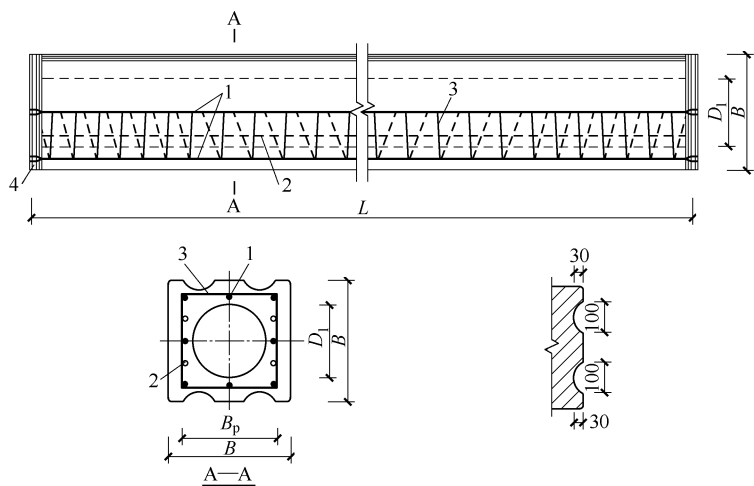


图 A.0.6 护壁桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—非预应力钢筋;3—箍筋;4—端板

4 护壁桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.6 的规定。

表 A.0.6 护壁桩配筋、截面参数及力学性能表

边长 <i>B</i> (mm)	内径 <i>D</i> (mm)	混凝土 强度 等级	型号	单节 桩长 <i>L</i> (m)	预应力 钢筋 配筋	非预应 力钢筋 配筋	箍筋 规格	极限弯 矩标准 值 <i>M_u</i> (kN·m)	抗弯承 载力设 计值 <i>M</i> (kN·m)	抗裂 弯矩 <i>M_{cr}</i> (kN·m)	抗剪承 载力设 计值 <i>V</i> (kN)	抗弯 刚度 <i>EI</i> (MN·m ²)	理论 重量 (kg/m)
400	240	C80	I	≤14	8φ10.7	4φ18	φ ^b 5	212	161	98	220	69	250
			II	≤16	8φ12.6	4φ18	φ ^b 5	270	202	118	220	69	
450	I		≤16	10φ10.7	6φ18	φ ^b 5	327	251	142	255	109	323	
	II		≤17	10φ12.6	6φ18	φ ^b 5	413	311	172	256	110		
500	340		I	≤17	12φ10.7	6φ18	φ ^b 5	425	323	191	290	161	379
			II	≤18	12φ12.6	6φ18	φ ^b 5	543	406	231	291	162	
550	380		I	≤17	12φ10.7	6φ20	φ ^b 5	510	392	231	336	233	452
			II	≤18	12φ12.6	6φ18	φ ^b 5	611	457	273	337	233	
			III	≤18	12φ12.6	6φ20	φ ^b 5	643	486	277	337	235	
600	420		I	≤18	14φ10.7	8φ20	φ ^b 5	706	546	300	387	331	531
			II	≤18	14φ12.6	8φ18	φ ^b 5	836	628	355	387	330	
			III	≤18	14φ12.6	8φ20	φ ^b 5	883	671	360	388	335	
650	460	I	≤18	16φ10.7	8φ22	φ ^b 6	890	692	377	492	455	617	
		II	≤18	16φ12.6	8φ20	φ ^b 6	1050	793	446	493	454		
		III	≤18	16φ12.6	8φ22	φ ^b 6	1107	845	452	494	459		
700	500	I	≤18	18φ10.7	10φ22	φ ^b 6	1139	891	469	553	613	708	
		II	≤18	18φ12.6	10φ20	φ ^b 6	1327	1008	553	553	611		
		III	≤18	18φ12.6	10φ22	φ ^b 6	1405	1078	561	555	620		
800	580	I	≤18	22φ10.7	12φ22	φ ^b 6	1613	1261	674	682	1032	909	
		II	≤18	22φ12.6	12φ20	φ ^b 6	1884	1429	793	682	1028		
		III	≤18	22φ12.6	12φ22	φ ^b 6	1994	1528	805	684	1042		

A.0.7 混合配筋管桩构造(图 A.0.7)应符合下列规定:

1 桩端箍筋加密区长度 2.0m,间距 45mm,非加密区箍筋间距 80mm;

2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;

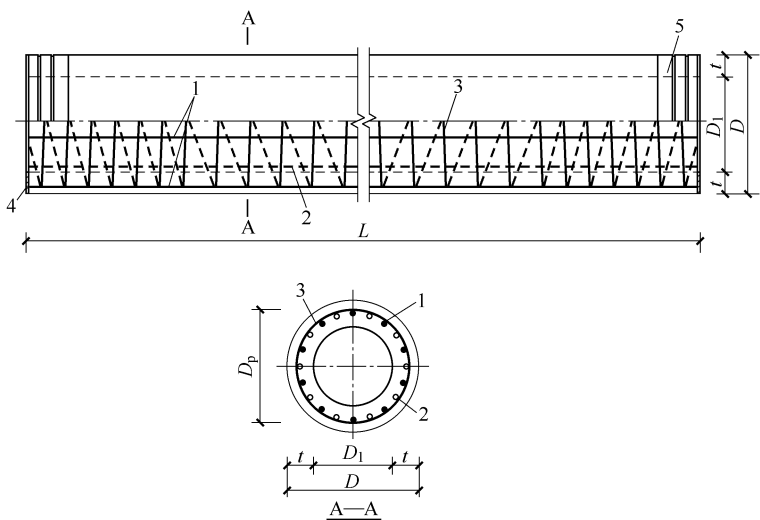


图 A.0.7 混合配筋管桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—非预应力钢筋;3—箍筋;4—端板;5—桩套箍

3 混合配筋管桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.7 的规定。

表 A.0.7 混合配筋管桩配筋、截面参数及力学性能表

外径 D (mm)	壁厚 t (mm)	单节 桩长 L (m)	混凝土 强度 等级	预应力筋 中心所在 圆的直径 D_p (mm)	型号	预应力 钢筋 配筋	箍筋 规格	非预应 力筋 配筋	有效预 应力 σ_{se} (MPa)	抗裂弯 矩标准 值 M_{cr} ($kN \cdot m$)	极限弯 矩标准 值 M_u ($kN \cdot m$)	抗弯承 载力设 计值 M ($kN \cdot m$)	抗剪承 载力设 计值 V (kN)	竖向承 载力设 计值 R_p (kN)	理论 重量 (kg/m)
400	95	≤ 13		308	AB	7 ϕ 10.7	$\phi^b 4$	7 Φ 10	5.90	72	151	116	172	2288	237
		≤ 14			B	10 ϕ 10.7	$\phi^b 4$	10 Φ 10	8.09	86	204	156	189		
		≤ 15			D	10 ϕ 12.6	$\phi^b 4$	10 Φ 10	10.63	103	248	188	208		
500	100	≤ 15		406	AB	11 ϕ 10.7	$\phi^b 5$	11 Φ 12	6.64	142	330	258	262	3158	327
		≤ 16			B	14 ϕ 10.7	$\phi^b 5$	14 Φ 12	8.22	161	402	313	279		
		≤ 17			C	11 ϕ 12.6	$\phi^b 5$	11 Φ 12	8.83	168	403	309	285		
		≤ 18			D	14 ϕ 12.6	$\phi^b 5$	14 Φ 12	10.79	192	481	368	303		
600	110	≤ 17	C80	506	AB	14 ϕ 10.7	$\phi^b 5$	14 Φ 12	6.31	230	522	407	336	4255	440
		≤ 17			B	16 ϕ 10.7	$\phi^b 5$	16 Φ 12	7.11	246	585	455	348		
		≤ 18			C	14 ϕ 12.6	$\phi^b 5$	14 Φ 12	8.41	272	639	491	366		
		≤ 19			D	16 ϕ 12.6	$\phi^b 5$	16 Φ 12	9.42	292	708	543	379		
700	110	≤ 19		590	AB	18 ϕ 10.7	$\phi^b 6$	18 Φ 12	6.70	350	793	618	448	5124	530
		≤ 20			B	22 ϕ 10.7	$\phi^b 6$	22 Φ 12	7.99	388	934	726	470		
		≤ 21			C	20 ϕ 12.6	$\phi^b 6$	20 Φ 12	9.72	439	1044	801	497		
		≤ 22			D	22 ϕ 12.6	$\phi^b 6$	22 Φ 12	10.51	463	1118	857	509		
800	110	≤ 21		690	B	24 ϕ 10.7	$\phi^b 6$	24 Φ 12	7.52	519	1208	940	535	5992	620
		≤ 23			C	24 ϕ 12.6	$\phi^b 6$	24 Φ 12	9.93	618	1455	1166	579		

A.0.8 预制方桩构造(图 A.0.8)应符合下列规定:

- 1 桩端箍筋加密区长度应为 1.5m,间距应为 60mm,非加密区箍筋间距应为 100mm;
- 2 桩头端板应根据工程需求确定是否设置;

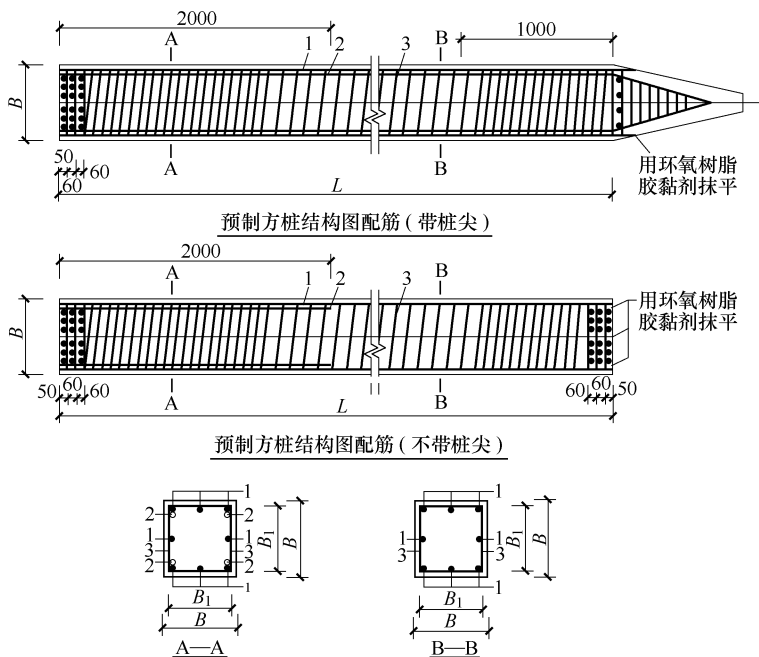


图 A.0.8 预制方桩结构及配筋图

1—预应力钢筋;2—附筋;3—箍筋;

3 预制方桩配筋、截面参数及力学性能应符合表 A.0.8 的规定。

表 A.0.8 预制方桩配筋、截面参数及力学性能表

方桩截面		桩型	混凝土强度等级	单节桩长 L (m)	预应力钢筋配筋	非预应力钢筋配筋	箍筋规格	有效预应力 σ_{ce} (MPa)	抗裂弯矩标准值 M_{cr} (kN·m)	极限弯矩标准值 M_u (kN·m)	抗弯承载力设计值 M (kN·m)	竖向承载力设计值 R_p (kN)	抗剪承载力设计值 V (kN)	理论重量 (kg/m)
300	198	A	C60	≤ 12	8 ϕ 9.0	4 Φ 18	$\phi^b 4$	4.57	42	51	38	1609	149	225
		B			8 ϕ 10.7	4 Φ 18	$\phi^b 4$	6.27	51	72	53		156	
350	246	A		≤ 12	8 ϕ 10.7	4 Φ 18	$\phi^b 4$	4.71	68	90	67	2190	203	306
		B			8 ϕ 12.6	4 Φ 18	$\phi^b 4$	6.39	82	124	92		214	
400	296	A		≤ 14	8 ϕ 12.6	4 Φ 20	$\phi^b 4$	5.03	105	149	110	2860	269	400
		B			12 ϕ 12.6	4 Φ 20	$\phi^b 4$	7.31	133	223	165		288	
450	336	A		≤ 14	12 ϕ 10.7	4 Φ 20	$\phi^b 4$	4.33	135	183	136	3620	330	506
		B			12 ϕ 12.6	4 Φ 20	$\phi^b 4$	5.89	162	253	187		346	
500	386	A		≤ 15	12 ϕ 12.6	4 Φ 22	$\phi^b 5$	4.86	195	291	216	4469	435	625
		B			16 ϕ 12.6	4 Φ 22	$\phi^b 5$	6.35	231	387	287		455	
550	436	A		≤ 15	20 ϕ 10.7	4 Φ 22	$\phi^b 5$	4.82	256	395	293	5407	526	756
		B			20 ϕ 12.6	4 Φ 22	$\phi^b 5$	6.54	311	547	405		552	
600	486	A		≤ 15	20 ϕ 10.7	4 Φ 25	$\phi^b 6$	4.09	300	440	326	6435	640	900
		B			24 ϕ 12.6	4 Φ 25	$\phi^b 6$	6.59	402	731	541		687	

附录 B 挡土墙稳定性验算

B. 0. 1 无锚碇的板桩式挡土墙依靠插入土体的墙体维持结构稳定(图 B. 0. 1),其墙体的入土深度可按下列公式计算。

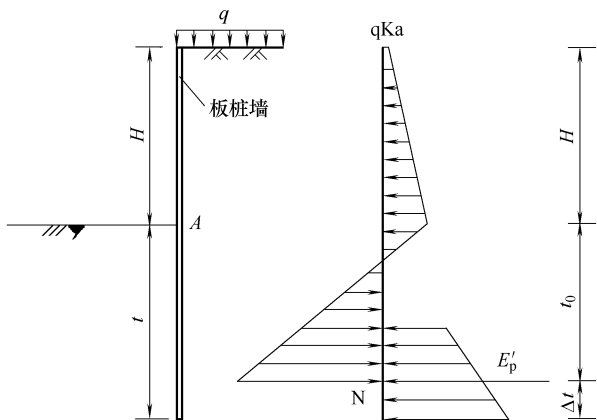


图 B. 0. 1 无锚碇板桩计算简图

$$t = t_0 + \Delta t \quad (\text{B. 0. 1-1})$$

$$\Delta t = \frac{E'_p}{2\gamma t_0 (K_p - K_a)} \quad (\text{B. 0. 1-2})$$

式中: t ——墙体入土深度(m);

t_0 ——墙体入土点至理论转动点 N 的深度(m);

Δt ——理论转动点 N 以下的墙体深度(m);

E'_p ——主动和被动土压力作用下对 N 点以上墙体求矩至 N 点合力矩为零时的合力(kN/m);

K_a ——主动土压力系数;

K_p ——被动土压力系数;

γ ——土的天然重度(kN/m^3)。

B.0.2 有锚碇的板桩式挡土墙依靠插入土体的墙体和锚碇墙共同维持结构稳定,锚碇墙可选用单锚或多锚结构,应分别计算有锚碇板桩式挡土墙的整体稳定、锚碇墙沿基底面的抗滑稳定和锚碇墙至板桩墙的最小水平距离,并应符合下列规定:

1 计算有锚碇板桩式挡土墙的整体稳定时,可在无锚碇板桩式挡土墙受力的基础上,考虑锚碇结构的拉力作用,建立方程组试算至稳定时为止(图 B.0.2-1)。

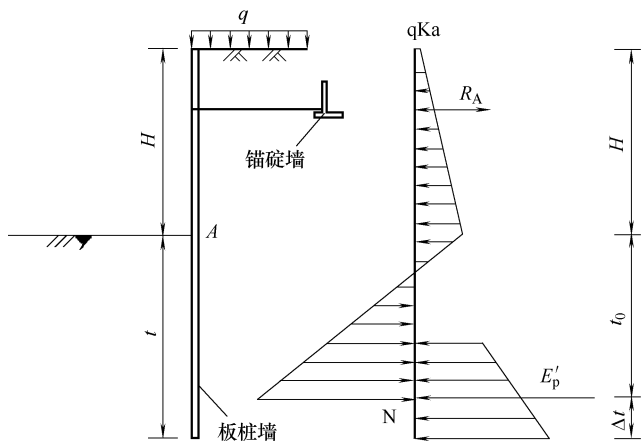


图 B.0.2-1 有锚碇板桩计算简图

2 有锚碇的板桩式挡土墙,其锚碇墙沿基底面的抗滑稳定安全系数应按公式(B.0.2-1)计算。当锚碇墙前采用其他填料置换时,除应按公式(B.0.2-1)计算外,尚应按公式(B.0.2-2)计算锚碇墙与填料一起沿滑动面 BCC' 的抗滑稳定性(图 B.0.2-2)。

$$K_m = \frac{E_{px}}{R_A + E_{ax}} \quad (\text{B. 0. 2-1})$$

$$\frac{Gf}{K_c} + \frac{E'_{px}}{K_m} \geq R_A + E_{ax} \quad (\text{B. 0. 2-2})$$

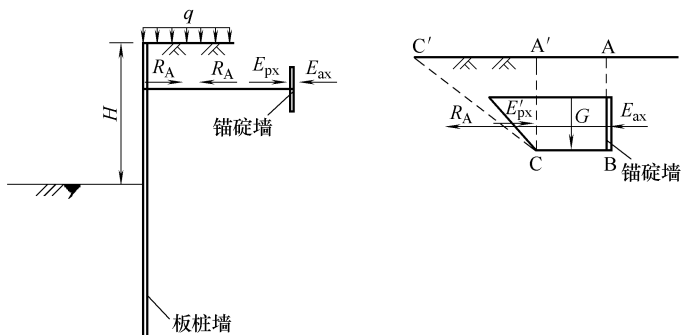


图 B.0.2-2 锚碇墙抗滑计算简图

式中： K_m ——锚碇墙抗滑稳定安全系数，其计算值不应小于《水工挡土墙设计规范》SL 379 的允许值；

R_A ——钢拉杆拉力(kN/m)；

E_{ax} ——作用在锚碇墙的主动土压力(kN/m)；

E_{px} ——作用在锚碇墙的被动土压力；当锚碇墙墙前采用其他填料置换时，应以其他填料的物理力学性质指标计算(kN/m)；

E'_{px} ——锚碇墙前作用于面上的被动土压力(kN/m)；

G ——锚碇墙前基面 BC 以上填料的重力(kN/m)；

f ——沿滑动面的摩擦系数；

K_c ——沿滑动面的抗滑稳定安全系数，可按《水工挡土墙设计规范》SL 379 选用。

3 有锚碇的板桩式挡土墙，其锚碇墙至板桩墙的最小水平距离(图 B.0.2-3)可按公式(B.0.2-3)。

$$L_{\min} = H_0 \tan\left(45^\circ - \frac{\phi_1}{2}\right) + H_t \tan\left(45^\circ + \frac{\phi_2}{2}\right) \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中： $L_{\min}$ ——锚碇墙至板桩墙的最小水平距离(m)；

H_t ——填土表面至锚碇墙墙底的深度(m)；

H_0 ——板桩墙顶至理论转动点 N 的深度(m)；

ϕ_1 ——板桩墙墙后土的内摩擦角($^\circ$)；

ϕ_2 ——锚碇墙墙前填料的内摩擦角($^\circ$)。

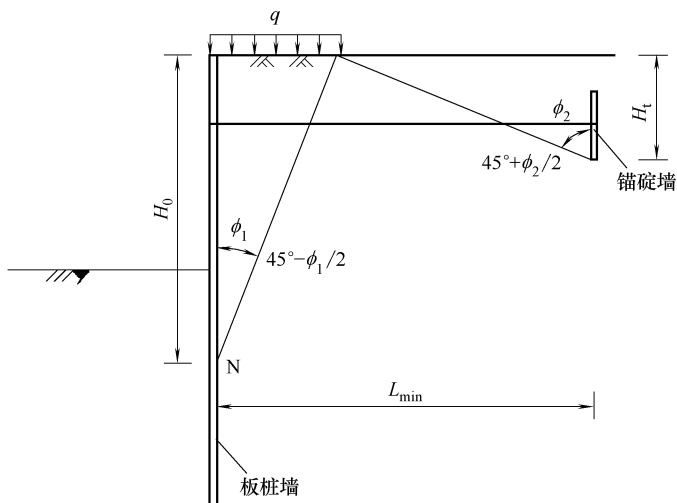


图 B. 0. 2-3 锚碇墙至板桩墙最小距离计算简图

附录 C 板桩式挡土墙结构内力计算

C.0.1 无锚碇板桩式挡土墙的内力可采用材料力学方法计算。当计算桩身变形时应采用竖向弹性地基梁法。墙顶的水平变位(图 C.0.1)可按公式(C.0.1)计算。

$$\Delta = x_0 + \phi_0 H + x_1 \quad (\text{C.0.1})$$

式中: Δ ——无锚碇板桩式挡土墙顶水平变位(mm);

x_0 、 ϕ_0 ——分别为板桩式挡土墙入土点的水平变位(mm)和转角变位(rad),可按“ m ”法或其他的竖向弹性地基梁法计算;

H ——挡土高度(mm);

x_1 ——假定墙体为悬臂梁(入土点为固端)时的墙顶水平变位(mm),可按材料力学方法计算。

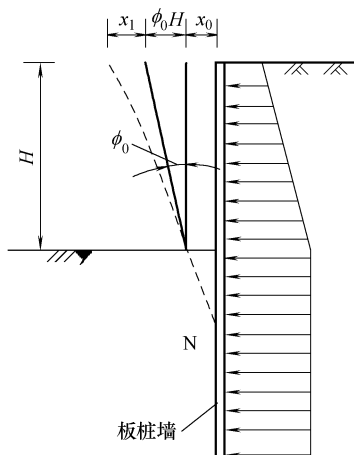


图 C.0.1 板桩墙顶水平变位计算简图

C. 0. 2 单锚板桩式挡土墙的内力可采用弹性嵌固法(姜美尔法)或自由支撑法计算。当计算桩身变形时应采用竖向弹性地基梁法计算。多锚板桩式挡土墙的内力应采用竖向弹性地基梁法计算。

C. 0. 3 对于有锚碇的板桩式挡土墙,其锚碇墙至板桩墙之间的拉杆可按中心受拉杆件计算,拉杆直径可按式 C. 0. 3 计算:

$$d=20\sqrt{\frac{10R_A\sec\alpha}{\pi[\sigma]}}+\delta_t T \quad (\text{C. 0. 3})$$

式中: d ——钢拉杆直径(mm);

R_A ——钢拉杆拉力(kN);

T ——板桩式挡土墙的使用年限;

α ——拉杆与水平面的夹角($^{\circ}$);

δ_t ——拉杆直径的年锈蚀量,可采用 0. 04~0. 05(mm/a);

$[\sigma]$ ——拉杆钢材的允许应力(kPa)。

本标准用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《堤防工程设计规范》GB 50286
- 《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487
- 《水工建筑物抗冰冻设计规范》GB/T 50662
- 《碳素结构钢》GB/T 700
- 《低碳钢热轧圆盘条》GB/T 701
- 《预应力混凝土用钢棒》GB/T 5223.3
- 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2
- 《钢拉杆》GB/T 20934
- 《水工混凝土结构设计规范》SL 191
- 《水工挡土墙设计规范》SL 379
- 《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 土石方工程》SL 631
- 《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 混凝土工程》SL 632
- 《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准 地基处理与基础工程》SL 633
- 《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654
- 《水利水电工程安全监测设计规范》SL 725
- 《水工建筑物荷载设计规范》SL 744
- 《混凝土制品用冷拔低碳钢丝》JC/T 540
- 《先张法预应力混凝土管桩用端板》JC/T 947
- 《预应力离心混凝土空心方桩用端板》JC/T 2239

中 国 水 利 学 会 标 准
中国工程建设标准化协会标准

预制混凝土板桩式挡土墙
技 术 规 程

T/CHES 28—2019

T/CECS 582—2019

条 文 说 明

目 次

1	总 则	(61)
3	基本规定	(62)
4	材料与制品	(64)
4.1	一般规定	(64)
4.2	混凝土	(64)
4.4	制品	(64)
5	设 计	(67)
5.1	一般规定	(67)
5.2	选型及布置	(68)
5.3	荷载及组合	(71)
5.4	稳定计算	(71)
5.5	结构内力与变形分析	(71)
5.6	构造要求	(72)
6	施 工	(74)
6.1	一般规定	(74)
6.2	起吊、搬运和堆放	(76)
6.3	静压法施工	(76)
6.5	植桩法施工	(77)
6.9	回填土施工	(77)
7	质量检验	(78)
7.1	一般规定	(78)
7.3	施工质量检验	(78)

1 总 则

1.0.1、1.0.2 板桩式挡土墙是水利工程中的重要结构型式之一，在防洪、治涝、灌溉、航运等工程的挡土结构中应用较为广泛，特别是近年装配化技术大力推广的新形势下，绿色、环保、耐久的预制混凝土板桩更具应用价值。

本规程在满足其他国家现行标准的基础上，吸取近年在预制混凝土板桩式挡土墙设计、研究、施工的实践经验，对预制混凝土板桩应用的特有技术要求作出规定。

3 基本规定

3.0.1 预制混凝土板桩式挡土墙属于水工挡土墙的一种,其工程级别和相关设计标准均应参照《水工挡土墙设计规范》SL 379 的相关规定。

3.0.2 板桩式挡土墙是水工挡土墙中常见的一种结构型式,其作用除了可以防止土体崩塌外,主要是与其他水工建筑物一起承担防洪、治涝、灌溉、通航、发电等任务。因此,应根据工程场地的地形、地质、水流等条件,并结合所属工程中各建筑物的功能、特点、运用要求等综合考虑,合理布置挡土墙与其他建筑物的相对位置。如能布置紧凑协调,就可组成整体效益最大的有机联合体,充分发挥各相关工程的作用,反之,则会增加各相关建筑物的施工难度和工程造价,进而影响整个工程的正常运行。

3.0.3 板桩式挡土墙多采用在地基条件较差的工程中,预制板桩一般为打入桩,土质地基沉桩难度相对较小,经济性好,对于需进入基岩的情况,应对施工难度、施工方法和经济性进行充分论证。

3.0.4 预制混凝土板桩式挡土墙的抗渗、抗滑、抗倾覆、地基整体稳定等稳定计算方法及安全系数应按照国家现行标准规定确定。具体工程设计时还应根据挡土墙所属水工建筑物的类型及总平面布置,按所属水工建筑物的相关设计标准的规定开展稳定计算分析,进一步确定安全系数的允许值。其他行业参照使用时,应参照各行业相关的规范执行。常见的混凝土板桩缝后防止土壤颗粒流失的措施主要有板桩缝间设置凹槽回填细石混凝土或水泥砂浆、缝后贴土工布、墙背设置高压旋喷或水泥土搅拌桩等措施。

3.0.5 预制混凝土板桩式挡土墙应根据挡土墙所属水工建筑物的类型及总平面布置,确定工程类别和挡土墙的水工建筑物级别,

按照《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》SL 654 的相关规定确定合理使用年限,满足耐久性技术要求。

3.0.6 预制混凝土板桩式挡土墙的安全监测应与所属水工建筑物一并考虑。对于大、中型水工建筑物的板桩式挡土墙至少应设置沉降、水平位移等观测项目。对一些特别重要的挡土墙以及结构受力复杂的板桩式挡土墙,需根据挡土墙的具体情况对其结构应力、地基反力、墙后土压力等设置必要的专门性安全观测设施。

4 材料与制品

4.1 一般规定

4.1.1 本条规定了预制混凝土板桩宜采用的生产工艺及对应的强度等级。从质量控制、制作效率等方面考虑,预制板桩推荐采用工厂制作。为保证预制板桩的沉桩质量,提高板桩的耐久性,离心法工艺生产的板桩混凝土强度等级不宜低于 C80,浇筑法生产的板桩混凝土强度等级不宜低于 C60。

4.1.2 本条规定了预制混凝土板桩宜采用的养护工艺。常压蒸汽养护是指在 1 个大气压并充有饱和蒸汽或蒸汽空气混合物的养护室内,在较高温度和相对湿度的环境中进行养护,使混凝土在短期内强度迅速提升的养护工艺;高压蒸汽养护是指在 10 个大气压并充有饱和蒸汽或蒸汽空气混合物的承压养护装置内,在较高温度和相对湿度的环境中进行养护,使混凝土在短期内强度迅速提升至 80MPa 以上的养护工艺。为加快混凝土的水化反应,使桩身混凝土尽早达到设计强度,预制板桩常用常压蒸汽养护,当混凝土强度等级超过 C80 时一般采用常压蒸汽养护后再采用高压蒸汽养护,目前通过配方的调整也可仅采用常压蒸汽养护达到要求。

4.2 混凝土

4.2.1 立方体抗压强度值系指和板桩同条件养护的边长为 150mm 的立方体试件,在 28d 或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度值。

4.4 制品

4.4.1、4.4.2 板桩可根据基本截面外形分为方形、平板形、圆形及异形等形式,每种基本外形可细分成表 4.4.1 中及附录 A 中涉

及的相关桩型。表中规定了常用板桩的尺寸范围,主要是根据工程常用的板桩尺寸、工厂常用的模具及机械设备的生产起吊能力确定的。板桩的单节桩长主要由三个方面控制:①生产设备的能力及模具的尺寸;②桩身的起吊能力;③运输设备的运输能力,故表中根据以上三条原则确定了每种桩型的单节最大桩长。

各桩型适用的土层与沉桩方法是由多个工程项目经验总结得到:

工程案例一:黑龙江黑河某波浪桩工程。

本工程场地地层由上往下依次为填土层、中砾、泥岩、砂岩层,其中泥岩层埋藏深度为 3.1~5.4m,设计桩长为 15.0m,嵌固深度约为 12.5m。板桩采用截面高度为 300mm 的波浪桩。由于设计的嵌固深度较深,但泥岩层埋深又较浅,传统的施工工法无法将桩沉到位,最终采用先搅拌再振动植桩的工法将波浪桩沉入。

工程案例二:山东淄博某波浪桩工程。

本工程场地地层以可塑状壤土及稍密状砂壤土为主,河底有淤积层。设计桩长为 5.5m,嵌固深度为 4.1m,板桩采用截面高度为 400mm 的波浪桩,采用履带式振动锤施工。

工程案例三:浙江某护壁桩工程。

本护壁桩工程为沉井的导槽。场地地层主要为填土及流塑状淤泥质黏土,设计桩长为 12.0m,板桩采用截面边长为 400mm 的护壁桩,采用密排布置。最终采用静压法将板桩沉入。

工程案例四:南京某平板桩工程。

本工程为泵站的护岸工程,设计采用双排的平板桩,前后排桩桩长均为 12.0m,板桩尺寸为 600mm×300mm,场地主要地层为可塑状的粉质黏土。前期施工试验采用振动法施工,无法将板桩沉入至设计标高,改为锤击沉桩后则顺利将板桩沉入到位。

对于方形及圆形的预制板桩,截面外形较为规整,在其他桩基及基坑工程中均有接桩的案例,且通过一定的措施可以达到接头部位与桩身等强的要求,故表中明确可以采用接桩。如珠海某基

坑项目,采用直径为 800mm 的混合配筋管桩作为基坑的围护桩,桩身极限抗弯承载力为 $1830\text{kN} \cdot \text{m}$,接头部位需通过试验检测其抗弯强度,最终试验结果为 $2013\text{kN} \cdot \text{m}$,且桩接头处还未达到破坏。对于平板形桩及异形桩目前接桩案例较少,特别对于异形桩,其接桩难度大,故本次规程编制暂不考虑采用接桩,待后续有大量工程案例后在规程修编时补充完善。

5 设 计

5.1 一 般 规 定

5.1.1 预制混凝土板桩式挡土墙的设计计算主要包括工程布置及结构选型、荷载计算、稳定计算、结构内力分析、构造设计等内容。

板桩式挡土墙的平面布置应根据工程场址地形、地质、水流等条件以及所属水工建筑物的总体布置、功能、特点、运用要求等确定,做到紧凑合理、协调美观。

板桩式挡土墙的结构形式主要根据具体工程的自然条件、使用要求、施工条件和工期等因素综合考虑确定。

板桩式挡土墙的荷载计算包括荷载分类及组合、各类荷载的计算等内容,具体计算可参照行业标准《水工挡土墙设计规范》SL 379—2007 中第 5 章的相关规定。

板桩式挡土墙的稳定计算主要包括抗渗稳定、抗倾覆稳定、地基整体稳定、锚碇墙抗滑稳定等计算内容。

板桩式挡土墙的结构内力分析主要包括结构内力计算、承载能力计算和变形验算三部分。

5.1.2 板桩式挡土墙的稳定计算应根据具体工程所属水工建筑物的荷载基本组合和特殊组合进行验算。其荷载组合应根据挡土墙在施工和使用过程中不同的工作条件和荷载概率情况进行荷载组合。荷载组合的原则是考虑各种荷载出现的概率,将实际上可能同时出现的各种荷载进行最不利的组合,并将水位作为组合条件。

5.1.3 预制混凝土板桩式挡土墙的结构应力一般是按照平面问题进行分析,按结构力学或材料力学的方法求得截面内力。对可

求得截面内力的钢筋混凝土结构构件,一般参照国家现行标准《水工混凝土结构设计规范》SL 191 或《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定,采用以概率论为基础的极限状态设计方法,在规定的材料强度和荷载取值条件下,采用在多系数分析基础上以安全系数表达的方式进行设计。极限状态设计应包括承载能力极限状态(结构或结构构件达到最大承载力、出现疲劳破坏、发生不适于继续承载的变形或因结构局部破坏而引发的连续倒塌)及正常使用极限状态(结构或结构构件达到正常使用的某项规定限值或耐久性能的某种规定状态)。

5.1.4 应用在水利工程中的预制混凝土板桩式挡土墙除应满足水利行业的耐久性设计相关规范的要求外,尚应满足工程所在地区的地方规范关于耐久性设计的专门要求。对于建筑、市政、交通等工程中应用预制混凝土板桩作为挡土结构的耐久性设计需满足国家和所在行业关于耐久性设计的相关规范要求。

5.1.5 预制混凝土板桩式挡土墙的防渗和排水布置应根据地基条件和墙前、后水位差等因素,结合所属水工建筑物的总体布置要求分析确定。

5.1.6 墙后填料土的抗剪强度指标是否准确对挡土墙设计的影响很大,指标不确切引起的土压力误差可能远大于计算方法引起的误差。填料土抗剪强度指标一般应通过试验确定,没有条件时,也可通过工程类比研究采用。

5.2 选型及布置

5.2.1 以往在水利水电工程中,常用的板桩结构分为无锚板桩和有锚板桩两种形式(如图 1 和图 2),根据支锚数量又可分为单锚、多锚。无锚板桩式挡土墙在水平力作用下变位较大,一般仅在挡土高度不大的情况下采用,而有锚板桩式挡土墙依靠锚碇板(墙)维持结构稳定,因此可用于挡土高度较大的情况。

当项目地后方施工场地开阔时,锚碇结构可采用锚碇板(墙)

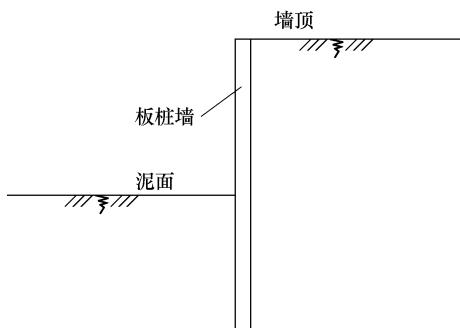


图 1 无锚板桩式挡土墙示意图

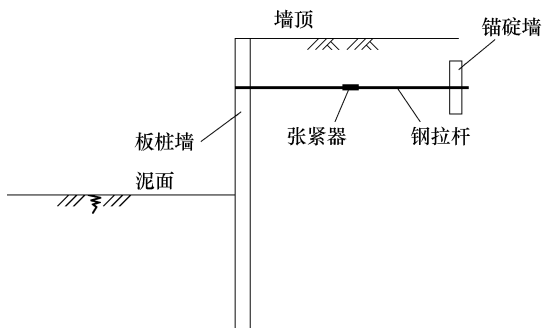


图 2 有锚板桩式挡土墙示意图

式、锚碇桩式。对于后方场地狭窄的场所,施工条件允许时锚碇结构可采用锚杆式(图 3),锚杆的设计和施工要求可参照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 中的相关规定执行,不具备锚杆施工条件时,可采用斜拉桩式(图 4)和双排桩式(图 5)。斜拉桩式板桩挡土墙最早应用在港口工程中,但由于其受力复杂,目前还没有一个普遍公认的较好的计算方法,在港口工程设计规范中推荐采用三维有限元法进行计算,也可采用弹性嵌固于地基中的平面刚架计算,近年在水利工程中也有应用,故本条规定将其纳入。双排桩结构在基坑工程中应用较为广泛和成熟,在对位移控

制要求高的水利工程可推广使用,因此纳入本条文规定。

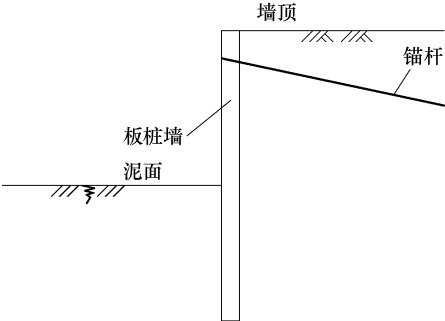


图 3 锚杆式板桩挡土墙示意图

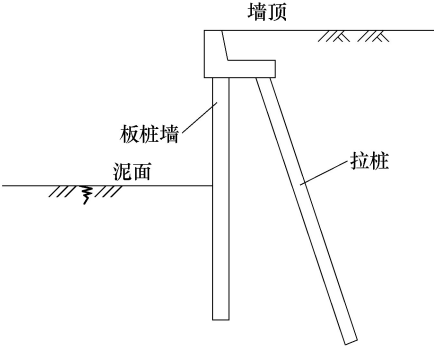


图 4 斜拉桩式板桩挡土墙示意图

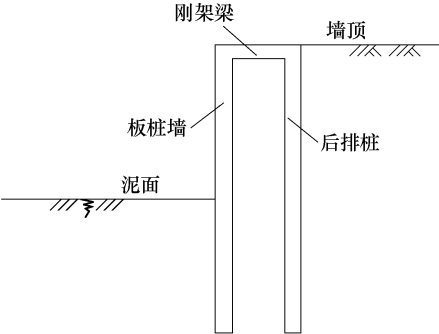


图 5 双排桩式板桩挡土墙示意图

5.2.3 对于与其他景观相结合的板桩式挡土墙,一般通过调整布置造型、桩身外形、桩身颜色等方式来满足景观的统一协调。预制混凝土板桩可在工厂批量生产,完全有条件根据工程要求对板桩桩身的外表颜色、造型或图案进行定制,可有效提升板桩式挡土墙的景观效果。

5.3 荷载及组合

5.3.4 剩余水压力的分布严格说来是随回填土与地基土的渗透性大小而变化,低水位以下一般呈曲线分布,按矩形分布是偏于保守的,但考虑到水流通过回填土向板桩墙前方流动时与没有水流流动时相比,板桩墙后主动土压力偏大,墙前被动土压力则要减小。根据以往设计经验,不考虑地下水的渗流对剩余水压力、主动土压力和被动土压力的影响,采用剩余水压力在低水位以下视为矩形分布是可行的,可以使计算简化。

5.4 稳定计算

5.4.1 预制混凝土板桩式挡土墙稳定计算的计算单元应根据平面布置型式确定,一般来说,挡墙的稳定计算可取 1 延米或一个锚碇区段作为一个稳定计算单元。对于按圆弧形布置的板桩式挡土墙,在一般情况下沿弧长方向取 1 延米墙体作为稳定计算单元是偏安全的,必要时可按其整体进行计算。

5.5 结构内力与变形分析

5.5.2 板桩式挡土墙可分为无锚碇墙结构和有锚碇墙结构两种。无锚碇墙结构比较简单,一般可用于挡土高度不大的场所,可按插入地基的悬臂结构计算,但该种型式挡土墙易产生较大水平位移,因此应进行变形验算。有锚碇墙结构比较复杂,在施工中有体系转换的过程,因此计算应考虑体系转换过程引起的受力变化。一般来说,在尚未形成有锚碇墙结构前,板桩受力可按悬臂结构计

算,一旦形成有锚碇墙结构后,板桩上部受到拉杆作用,拉杆所受到的拉力又传递到锚碇墙上,此时锚碇墙的受力又相当于埋在土里的弹性地基梁。有关有锚碇墙的板桩式挡土墙的计算可参照有关港口工程设计规范的规定。

5.5.3 无锚碇的板桩挡土墙的内力可采用材料力学的计算方法,但为了求得墙体的变位,应采用竖向弹性地基梁法计算。单锚板桩式挡土墙的内力可采用弹性嵌固法(娄美尔法)或自由支撑法计算,但为了求得墙体的变位,仍应采用竖向弹性地基梁法计算。多锚板桩式挡土墙的内力应采用竖向弹性地基梁法计算。

5.5.4 本条弹性地基梁法计算方法主要参照行业标准《码头结构设计规范》JTS 167—2018 第 6.3.5 条的相关规定编写。

5.5.5 预制混凝土板桩式挡土墙无论有无锚碇结构,都易产生较大水平位移,因此应进行变形验算。如果按照结构的使用要求,即使水平位移稍大,可能也不影响结构的使用,但从钢筋混凝土结构来说,如果水平位移较大,其强度即受到影响。通常墙顶水平位移可按结构的使用要求控制,入土点墙体水平位移按不大于 10mm 控制;对于有锚碇墙的板桩式挡土墙,由于其结构体系在不同的施工阶段受力是不同的,还需要验算不同施工阶段的结构变形。

5.6 构造要求

5.6.1 挡土墙墙前无水墙后有水或墙后水位高于墙前水位时,在墙身(板桩)设置排水孔,以便尽量降低挡墙前后水位差,减少水平推力,改善挡墙受力状况。

5.6.2 预制混凝土板桩式挡土墙的墙后填土面设置可有效排除地表水的设施,能有效降低墙后地下水位,减少水平推力,改善挡墙受力状况。

5.6.3 预制混凝土板桩式挡土墙主要依靠挡土墙墙前土的反力维持自身稳定,墙前泥面冲刷将直接导致墙身(板桩)挡土高度增加,入土段长度相应减少,墙前泥面高程变化对挡墙稳定影响较

大。故板桩式挡土墙设计时应考虑一定的冲刷深度,且挡墙运行期应定期检查墙前泥面高程。当挡墙墙前泥面易被冲刷时,可采取一定的护底措施,避免挡墙使用期间墙前泥面冲刷过深危及挡墙稳定;同时增加护底措施,墙前冲刷深度可根据工程经验不考虑或取小值,挡墙设计断面相对减小,一般总的工程费用相对节省。

5.6.4 预制混凝土板桩厚度一般根据挡墙使用条件由计算确定,但考虑到刚度要求和施工方便,不宜过大或过小,一般采用200mm~700mm。

5.6.12 本条对于锚碇墙、锚碇板预留拉杆孔的位置作了原则性规定。实际上,对于拉锚板桩式挡土墙,其锚碇墙、锚碇板前土抗力的分布并不是库仑理论那样,故本条规定“宜与作用在锚碇墙、锚碇板上的土压力合力作用点重合”,设计时,拉杆预留孔的位置常放在锚碇墙、锚碇板高度中间偏下处。

6 施 工

6.1 一 般 规 定

6.1.1 沉桩施工方法需综合考虑确定,编制单位通过对多年施工经验的总结,列举了各种施工方法适用的土层,供施工单位初步选择。在密实砂层中沉桩困难时,也可采用钻孔松土或水冲等辅助手段。表1中列举了各种施工工法的特点,表2中列举了施工工法的实施案例,以供参考。

表 1 板桩施工方法特点

施工方法	对施工场地要求	对环境影响	施工费用	工效
锤击法	简单	有振动、噪声、挤土效应等	较低	高
静压法	较高	无噪声,有挤土效应	较低	高
振动法	简单	有振动、噪声、挤土效应等	较低	高
植桩法	一般	无	较高	低

表 2 板桩项目施工案例

序号	项目名称	主要地层	桩型	桩长(m)	施工方法
1	黑龙江黑河某波浪桩工程	填土层、中砾、泥岩、砂岩层	截面高度为300mm的波浪桩	15.0m	植桩法
2	山东淄博某波浪桩工程	可塑状壤土及稍密状砂壤土	截面高度为400mm的波浪桩	5.5m	振动法
3	江苏常州某波浪桩工程	可塑~硬塑黏土及稍密~中密粉土	截面高度为400mm的波浪桩	7.0m	锤击法
4	浙江嘉兴某护壁桩工程	填土及流塑状淤泥质黏土	边长为400mm的护壁桩	12.0m	静压法
5	福建某护壁桩工程	粉质黏土、淤泥、细砂	边长为500mm的护壁桩	15.0m	振动法
6	江苏常州某护壁桩工程	可塑~硬塑黏土及稍密~中密粉土	边长为400mm的护壁桩	7.0m	锤击法

续表 2

序号	项目名称	主要地层	桩型	桩长(m)	施工方法
7	江苏南京某平板桩工程	可塑状的粉质黏土	板桩尺寸为 600mm×300mm	12.0m	锤击法
8	江苏南京某基坑工程	淤泥质土	直径为 800mm 的管桩	26.0m~ 29.5m	植桩法
9	广东某基坑工程	填土及淤泥	直径为 500mm 的管桩	24.0m	锤击法
10	湖北某基坑工程	粉质黏土、淤泥 质土、黏土	直径为 500mm 的混合配筋管桩	12.0m~ 19.0m	静压法

6.1.2 施工前应准备好相关资料,特别应着重在三个方面:一是场地气象、地形、地质资料,根据场地条件选择合适的施工设备;二是场地现状及周围环境,包括影响板桩施工的高压架空线、地下电缆、地下管线等埋藏情况资料,同时应考虑施工对周围建筑及环境造成的影响;三是编写施工方案,这是作为现场管理和质量保障的主要依据,能充分反映施工单位现场管理水平和技术水平。

6.1.3 植桩、引孔工法为低噪声、非挤土或部分挤土施工工法,对周边建筑物、地下管线等影响较小。

6.1.4 对先期沉入桩的观测,应贯穿整个施工过程,确保变形发生时,能及时采取有效措施,防止其继续发展。

6.1.5 板桩施工采用导桩、导架等装置的目的是为了控制在沉桩过程中桩身轴(线)方向的偏位与桩体倾斜。大量工程实践表明,采用导桩、导梁和导架等定位导向装置施工的板桩墙,其最后成型效果较未采用的要好。

6.1.7 当桩身发生偏差但未超过限值时,应在后续沉桩过程中逐根进行调整。

6.1.8 沉桩过程综合反映了土层的阻力、桩身质量、机械施工能力,沉桩出现异常情况与地质、设计、施工、桩身质量均有关,因此,施工遇到本条所列情况之一均应暂停打桩,及时报设计、监理等有关人员,以便进行原因分析,研究处理解决的措施。

6.1.9 板桩多为非竖向受力桩,故停锤标准采用标高控制,对于

有承载力要求的板桩,停锤标准可按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 执行。由于地基分布的不均匀,有时板桩虽然已经沉至设计高程,但是其桩尖却可能位于软基上,在后期使用中造成局部沉降过大,因此在板桩沉至设计标高而贯入度过大时,应及时会同设计单位研究。

6.1.11 板桩式挡土墙的设计桩长是为了保证嵌固深度满足稳定性的要求,故一般情况下不宜截桩。在必须截桩且经设计复核同意后应采用锯桩器截桩。截余部分桩身质量无法控制,不应继续使用。

6.1.12 接桩位置应根据计算结果避开弯矩、剪力最大的位置。接桩位置位于入土点以下,一则接桩部位的耐久性可提高,二则土对桩起到侧限作用,减少接桩部位的挠曲变形,降低破坏的风险。

6.2 起吊、搬运和堆放

6.2.1 现场板桩的堆放多采用单层堆放或双层堆放,堆放对场地平整度要求较高,双层堆放应在桩下放置垫木。

6.2.2 两条凹形板桩对拼后形成外方内圆的空心截面,波浪桩对拼后形成圆环形。故将凹形板桩或波浪桩端板采用专用连接卡板连接成整体后再起吊,桩身不易开裂,且在运输时,对拼放置可增加单车运桩量,降低运输费用。

6.2.4 板桩在施工现场多次吊运后会造成桩体破损,影响工程质量。

6.3 静压法施工

6.3.1 压桩设备宜选用液压式压桩机,可分为抱压式和顶压式两种。板桩为水平受力桩,为确保将板桩沉入设计深度,一般最大压桩力不宜小于板桩单桩竖向承载力特征值的 2.4 倍,对于进入承载力较高土层的板桩,一般最大压桩力不宜大于桩身结构竖向承载力设计值的 1.5 倍。

6.3.3 第一节桩垂直度控制的好坏对整根桩的垂直度影响至关重要,因此必须严格控制第一节桩的沉桩偏差,做好压桩过程的监测。

6.5 植桩法施工

6.5.2 对于存在硬土层,采用其他施工方法存在困难时,植桩法不仅可以降低沉桩难度,确保桩顶标高,同时也可以增加桩身刚度,减少桩身变形量。

6.5.3 板桩沉桩应在水泥土搅拌桩或旋喷桩终凝之前进行,时间越久沉桩阻力越大,甚至无法下沉,只能采取复搅后才能继续沉桩,通过多个工程案例的总结,建议冬季施工在水泥土搅拌桩或旋喷桩施工后 6h 内完成植桩,夏季施工时在水泥土搅拌桩或旋喷桩施工后 4h 内完成植桩,实际施工可结合地区环境适当调整。

6.5.4 搅拌桩或旋喷桩的成孔孔径当土层松散,容易塌孔、缩颈时,取大值,反之,取小值。

6.9 回填土施工

6.9.1 板桩挡土墙后的回填时间、回填顺序和回填速率对结构受力和变形影响很大,一般情况下设计单位会有明确回填要求,回填时要按其要求进行。

6.9.4 要求沿轴线方向向后方呈扇形均匀回填,是防止基槽坍塌和淤泥积聚在墙后,对结构不利。

7 质 量 检 验

7.1 一 般 规 定

7.1.3 本条针对有在腐蚀、冻融环境下使用的板桩,必要时对混凝土的耐久性进行针对性的检测。

7.3 施工质量检验

7.3.3 为避免对构件造成破坏,本条规定检测方法应符合国家及行业现行技术标准的有关规定,宜采用无损检测方法。

S/N:155182 • 0569



9 155182 056909 >

统一书号:155182 • 0569

定价:33.00 元